

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ
УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ
«БАРАНОВИЧСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

В. Н. ЗУЕВ

ЕСТЕСТВОЗНАНИЕ

ЗЕМЛЕВЕДЕНИЕ

**Учебно-методическое пособие
для студентов высших учебных заведений**

**Рекомендовано к печати
научно-методическим советом университета**

**Барановичи
РИО БарГУ
2010**

УДК 372.850(075.8)

ББК 74.262я73

3-93

А в т о р

В. Н. Зуев

Р е ц е н з е н т ы:

В. В. Рудский, доктор географических наук, профессор Смоленского гуманитарного университета (г. Смоленск, Российская Федерация);
А. С. Романив, кандидат географических наук, доцент Международного экономико-гуманитарного университета (г. Ровно, Республика Украина)

Зуев, В. Н.

3-93

Естествознание : Землеведение [Текст] : учеб.-метод. пособие для студентов высш. учеб. заведений / В. Н. Зуев. — Барановичи : РИО БарГУ, 2010. — 249, [3] с. — 110 экз. — ISBN 978-985-498-398-1.

Изложены основные вопросы раздела «Землеведение» учебной дисциплины «Естествознание». Рассматриваются строение Вселенной, Солнечной системы, планеты Земля, литосферы, атмосферы, гидросферы Земли. Представлены вопросы для самоконтроля, глоссарий, тестовые задания.

Предназначено для студентов педагогических специальностей.

Табл. 9. Рис. 35.

УДК 372.850(075.8)

ББК 74.262я73

ISBN 978-985-498-398-1

© Зуев В. Н., 2010

© БарГУ, 2010

СОДЕРЖАНИЕ

| | |
|---|-----|
| <i>Введение</i> | 4 |
| 1. Земля во Вселенной | 6 |
| Вселенная. Галактики. Солнечная система | 6 |
| Вопросы для самоконтроля | 63 |
| 2. Литосфера Земли | 65 |
| Внутреннее строение Земли | 65 |
| Вопросы для самоконтроля | 105 |
| 3. Атмосфера Земли | 106 |
| Вопросы для самоконтроля | 160 |
| 4. Гидросфера Земли | 161 |
| Вопросы для самоконтроля | 198 |
| 5. Почва | 199 |
| Вопросы для самоконтроля | 224 |
| Глоссарий | 225 |
| Тестовые задания | 232 |
| Приложение А | 239 |
| Список источников | 248 |

Введение

Для учителя начальных классов профессионально важной является естественнонаучная грамотность, которая выражается в том числе и в знании особенностей строения планеты Земля, закономерностей развития ее отдельных компонентов.

Основопологающей дисциплиной в структуре естественнонаучной подготовки будущего учителя является «Естествознание».

Слово «естествознание» представляет собой сочетание двух слов — «естество» (природа) и «знание». Синонимом является слово «природоведение». Сегодня под термином «естествознание» понимается оформленное, часто в математических формулах, точное знание обо всем, что есть или может быть во Вселенной. В самом общем виде предметом естествознания является вся природа, причем не абстрактная, а находящаяся под воздействием человека. Непосредственной целью естествознания является раскрытие сущности явлений природы, ее законов. Конечная цель состоит в обосновании возможности на практике использовать законы природы.

Дисциплина «Естествознание» включает два раздела — «Землеведение» и «Основы биологии».

Цель раздела «Землеведение» — показать единство, целостность и системность окружающего мира, изучить строение, развитие и пространственное расчленение географической оболочки нашей планеты.

Географическая оболочка — сложное комплексное образование, состоящее из ряда компонентных оболочек (литосферы, гидросферы, атмосферы и биосферы), между которыми происходит обмен веществом и энергией, объединяющий эти разнокачественные оболочки в новое целостное единство, в особую планетарную систему. Единой точки зрения по поводу границ географической оболочки не существует. Наиболее распространены утверждения о верхней границе, проходящей в тропосфере, и нижней — в верхних слоях литосферы. Продуктом взаимодействия компонентных оболочек, точнее, следствием этого взаимодействия являются разнообразные формы рельефа, осадочные породы и почвы, возникновение и развитие живых организмов, в том числе человека.

Важнейшими интегральными свойствами географической оболочки являются:

- 1) способность аккумулировать и трансформировать солнечную энергию;
- 2) насыщенность различными видами свободной энергии, обеспечивающими многообразие протекающих в ее пределах природных процессов;
- 3) способность продуцировать биомассу и служить природной средой для существования и развития человеческого общества.

Частными свойствами географической оболочки являются:

- пребывание вещества в трех агрегатных состояниях: твердом, жидком и газообразном;
- присутствие всех химических элементов, существующих на планете Земля;
- разнообразие форм движения вещества;
- усвоение и преобразование материи и энергии, поступающих как из внутренних частей планеты Земля, так и из космоса, преимущественно от Солнца;
- наличие феномена жизни — живых организмов и их колоссальной энергии;
- наличие условий, делающих возможным существование человека и развитие общества.

Основными закономерностями географической оболочки являются: целостность, ритмичность, круговорот веществ и широтная зональность (высотная поясность), развитие (нарастание сложности структуры).

Предлагаемое издание направлено на изучение вышеназванных свойств и закономерностей географической оболочки и может быть использовано при изучении дисциплин «Естествознание» и «Основы современного естествознания».

Основы данного пособия составили лекции, прочитанные автором в 2004—2009 гг.

Вселенная. Галактики. Солнечная система

Земля, на которой мы живем, — частица безграничной Вселенной (Космоса). Изучение Земли невозможно без рассмотрения ее положения во Вселенной, без учета влияний на нее космических тел.

Вселенная только одна, она безгранична во времени и пространстве и бесконечно разнообразна по тем формам, которые принимает материя в процессе своего развития. Во Вселенной находится гигантское число небесных тел, многие из которых превосходят по величине планету Земля во много тысяч и миллионов раз.

Современное понимание состава Вселенной состоит в том, что в нее входит множество скоплений звезд, планет, космической пыли, называемых галактиками.

Размеры Вселенной точно не установлены. Только известно, что лучи света из наиболее отдаленных частей Вселенной доходят до Земли примерно за 10 млрд лет.

В наблюдаемой форме Вселенная возникла около 18—20 млрд лет назад. До этого времени все ее вещество находилось в условиях бесконечно больших температур и плотностей, которые современная физика не в состоянии описать. Такое состояние вещества называется «сингулярным». Теорию расширяющейся Вселенной или «Большого взрыва» (от англ. *Big Bang*), впервые была создана А. А. Фридманом в России в 1922 г.

Приблизительно 20 млрд лет назад вещество, находящееся в сингулярном состоянии, подверглось внезапному расширению, которое в самых общих чертах можно уподобить взрыву, хотя и весьма своеобразному. Вопрос «А что же было до Большого взрыва?», по мнению английского физика С. Хогинса, носит метафизический характер, так как это состояние никак впоследствии не отразилось на нынешней Вселенной.

Современная теоретическая физика достоверно описывает процессы «Большого взрыва», но только после $1/100$ с с момента его начала. Так, температура в 1032 К была достигнута через 10—43 с, 101 К — через 1 с, 109 К — через 1 мин, 104 К — через 100 тыс. лет, а 103 К — через 1 млн лет. Расширяющееся вещество становилось менее плотным и менее горячим. Теорию не только первоначально очень плотной, но и очень горячей Вселенной в конце 1940-х гг. развивал знаменитый физик Г. Гамов.

Наблюдаемый химический состав Вселенной составляет по массе $3/4$ водорода и $1/4$ гелия. Все остальные элементы не превышают в составе Вселенной даже 1%. В такой пропорции 3:1 H и He образовались в самые первые минуты Большого взрыва, а, кроме того, и легкие элементы: литий, дейтерий, тритий, но в ничтожном количестве. Тяжелые элементы образовались во Вселенной гораздо позже, когда в результате термоядерных реакций «зажглись» звезды, а при взрывах сверхновых звезд они оказались выброшены в космическое пространство.

Планета Земля входит в состав *Солнечной системы*, которая является частью *галактики Млечного Пути* (ГМП) — гигантской звездной системы.

Галактика Млечного Пути — одна из 100 млрд галактик в наблюдаемой части Вселенной, обладает формой уплощенного диска, с диаметром около 100 тыс. световых лет и толщиной в 20 тыс. световых лет. В разрезе в центре наблюдается утолщение (балдж), которое состоит из старых звезд и ядро, скрытое облаками плотного газа. Не исключено, что в центре ГМП существует «черная дыра», как в ядрах других спиральных галактик. Интересно, что ГМП окружена темным облаком ненаблюдаемого вещества, масса которого в 10 или более раз превышает массу всех звезд и газа в ГМП.

Молодые звезды в осевой части диска окружены огромной сферической областью — *гало*, в которой находятся старые звезды.

Основная масса вещества Вселенной (98%) содержится в звездах и представляет собой горячий ионизированный газ — *плазму*.

Межзвездное пространство заполнено разреженными газами и мелкой пылью, образующими местами гигантские газовые и пылевые туманности.

Звезды — шарообразные тела, состоящие из раскаленных газов. Они весьма разнообразны и делятся по размерам на «гигантов» и «карликов». Гигантскими называют звезды, которые во много раз

превышают Солнце по размерам и яркости. Солнце принадлежит к группе так называемых «желтых карликов».

Солнце располагается в $\frac{3}{5}$ от центра ГМП в пределах главного диска. С Земли, как одной из восьми планет, вращающихся вокруг Солнца, мы видим звезды Млечного Пути в виде арки, пересекающей небосвод, так как мы смотрим на край ГМП из ее срединной области. В 1610 г. Галилей насчитал в Млечном Пути всего 6 000 звезд. Ближайшая к нам звезда, не считая Солнца, Альфа Центавра, располагается на расстоянии четырех световых лет.

Все звезды ГМП медленно вращаются вокруг галактического центра. Солнце с планетами совершает один оборот вокруг центра ГМП за 250 млн лет со скоростью 240 км / с. Галактический год играет важную роль в периодизации геологической истории Земли.

Чтобы попытаться более наглядно представить шкалу времени, в рамках которой мы оперируем космическими терминами, воспользуемся шкалой Мейерса (1986). Представим, что 15 млрд лет = 24 часа = 1 сутки. Это время, прошедшее после начала Большого взрыва, тогда спустя:

- 4 с в полночь образуются устойчивые атомы;
- 4—5 ч возникли галактики и звезды;
- 18 ч образовалась Солнечная система;
- 20 ч появились первые формы жизни;
- 22 ч 30 мин первые позвоночные вышли на сушу;
- 22 ч 30 мин—23 ч 56 мин существовали динозавры;
- 23 ч 59 мин 50 с появились первые человекообразные обезьяны.

Солнце — звезда, вокруг которой движутся планеты.

Солнечная система состоит из одной звезды — Солнца, — восьми планет (табл. 1) и ряда таких менее значительных небесных тел, как спутники планет, малые планеты (астероиды), кометы, а также метеорное вещество — межпланетный газ.

Солнце — обычная звезда средней величины и светимости, ее возраст около 5 млрд лет. Диаметр этого огневого газового шара в 109 раз превосходит диаметр Земли. На поверхности Солнца температура составляет примерно 5 500°C, но в его центре, по расчетам исследователей, достигает 14 000 000°C. В солнечном ядре происходит превращение водорода (его — 70%) в гелий (27%) (3% составляют остальные химические элементы).

Т а б л и ц а 1 — Характеристика Солнца и планет Солнечной системы

| Планета | Среднее расстояние от Солнца | | Сидерический период обращения, земные годы | Экваториальный диаметр, км | Период вращения, земные сутки | Наклон экватора к орбите | Магнитное поле |
|----------|------------------------------|--------|--|----------------------------|-------------------------------|--------------------------|----------------|
| | млн км | а. е. | | | | | |
| Солнце | — | — | — | 1 392 000 | 24,7 | — | Есть |
| Меркурий | 57,9 | 0,387 | 0,241 | 4 880 | 58,7 | Меньше 2 | Есть |
| Венера | 108,2 | 0,723 | 0,615 | 12 100 | 243 | 177,3 | Нет |
| Земля | 149,6 | 1,000 | 1,000 | 12 756 | 0,9973 | 23,5 | Есть |
| Марс | 227,9 | 1,523 | 1,881 | 6 780 | 1,026 | 25,2 | Нет |
| Юпитер | 778,3 | 5,202 | 11,862 | 142 800 | 0,413 | 3,1 | Есть |
| Сатурн | 1427,0 | 9,538 | 29,46 | 120 000 | 0,443 | 26,7 | Есть |
| Уран | 2869,6 | 19,182 | 84,01 | 50 800 | 0,718 | 97,9 | Есть |
| Нептун | 4496,6 | 30,058 | 164,79 | 48 600 | 0,669 | 29,6 | Есть |

Световой поток желтого цвета от Солнца, приходящий на Землю из слоя солнечной атмосферы и имеющий толщину 500 км, называется **фотосферой** (рис. 1). Под этим слоем лежат внутренние области Солнца, где происходит ядерная реакция (превращение водорода в гелий). Выше фотосферы находятся прозрачные части наружной атмосферы. Практически вся солнечная энергия, включая тепло и свет, приходящие на Землю, приходят из фотосферы, но первоначально производятся в глубине Солнца.

Выше фотосферы располагается Солнечная корона мощностью 12—13 млн км и с температурой 1,5 млн К, хорошо наблюдаемая во время полных солнечных затмений.

Вещество, располагающееся внутри Солнца, под давлением внешних слоев, сжимается и чем глубже, тем сильнее. В этом же

направлении увеличивается и температура. Когда она достигает 15 млн К, происходит термоядерная реакция. В ядре сосредоточено более 50% массы Солнца, хотя радиус ядра всего 25% от радиуса Солнца. Энергия из ядра переносится к внешним сферам Солнца за счет лучистого и конвективного переноса.



Рисунок 1 — Строение Солнца

В составе Солнца господствует водород, составляющий 73% по массе, и гелий — 25%. На остальные 2% приходятся более тяжелые элементы, такие как Fe, O, C, Ne, N, Si, Mg и S — всего 67 химических элементов.

Источник энергии Солнца — ядерный синтез. При слиянии четырех ядер водорода образуется одно ядро гелия с выделением огромного количества энергии. Один грамм водорода, принимающий участие в термоядерной реакции, выделяет $6 \cdot 10^{11}$ Дж энергии. Такого количества тепла хватит для нагревания $1\,000\text{ м}^3$ от 0°C до точки кипения.

Солнце обладает сильным магнитным полем, полярность которого изменяется один раз в 11 лет. Эта периодичность совпадает с 22-летним циклом нарастания и убывания солнечной активности, когда формируются солнечные пятна с диаметром в среднем 66 тыс. км. Солнечный ветер, исходящий во все стороны от Солнца, представляет собой поток плазмы — протоны и электроны, с альфа-частицами и ионизированными атомами углерода, кислорода и других более тяжелых элементов. Скорость Солнечного ветра вблизи Земли достигает 400—500 и даже 1 000 км / с.

Солнечный ветер распространяется дальше орбиты Сатурна, образуя гелиосферу, контактирующую уже с межзвездным газом. Выделение энергии Солнцем, по расчетам астрофизиков, остается практически неизменным на протяжении 5 млрд лет, т. е. с момента образования Солнца. Атомного горючего — водорода — на Солнце должно хватить еще на 5 млрд лет. Когда его запасы истощатся, гелиевое ядро будет сжиматься, а внешние слои расширяться и Солнце сначала превратится в «красный гигант», а затем в «белый карлик».

Для астрономов Солнце — звезда особая, поскольку она находится близко от Земли (всего лишь в 150 млн км). Космический аппарат, летящий по прямой, достиг бы Солнца за многие месяцы. Свет, переносимый в пространстве со скоростью 300 000 км / с, преодолевает путь от Солнца до Земли за 8 мин 20 с.

Солнце вращается вокруг своей оси, но не как твердое небесное тело вроде Земли. Скорость его вращения различна на разных географических широтах; на экваторе Солнце делает оборот за 25 сут, вблизи полюсов — за 35. Различные скорости вращения возможны только потому, что Солнце — газовый шар.

Поверхность Солнца пузырчатая. Эти пузырьки, или пена, называются еще и солнечной зернистостью, а увидеть ее можно только через солнечные телескопы. Солнце дает Земле тепло и свет, поддерживающие жизнь на нашей планете.

В поверхностном слое Солнца, где его энергия вырывается в виде света, астрономы наблюдают большое разнообразие солнечной активности — относительно холодные участки фотосферы: солнечные пятна, факелы, флоккулы, вспышки.

Солнечные пятна — наиболее холодные и менее светлые области солнечного диска по сравнению с общей яркостью фотосферы.

Это те области, где мощные магнитные силы пробиваются изнутри Солнца сквозь поверхностные слои.

Пятна на Солнце — лишь один пример солнечной активности. На Солнце происходят магнитные бури и взрывы, называемые вспышками. Они высвобождают электрическую энергию, и тем напоминают земные грозы. Однако на Солнце энергия гигантских электрических разрядов намного превосходит энергию земных молний. Солнечные бури оказывают влияние на Землю, электрически заряженные частицы поступают в космос, достигая Земли, воздействуют на нашу атмосферу. Когда потоки заряженных частиц, порожденные солнечными вспышками, достигают Земли, они создают в полярных областях нашей планеты явление мерцающего света, которое называют полярным сиянием.

Планеты. В Солнечную систему входят восемь планет (рис. 2), они делятся на две группы, четко различающиеся одна от другой по величине, химическому составу, массе, плотности, периоду обращения вокруг Солнца. К первой группе относятся планеты типа Земли: Меркурий, Венера, Земля, Марс; ко второй — планеты типа Юпитера (планеты-гиганты): Юпитер, Сатурн, Уран, Нептун.



Рисунок 2 — Солнечная система

Все планеты движутся по эллиптическим орбитам вокруг Солнца, которое находится не в центре этого эллипса, а сдвинуто в сторону — в точку, называемую фокусом.

Самая близкая к Солнцу планета — *Меркурий*. Она — самая маленькая из всех планет (диаметр 4 870 км) (рис. 3). На Меркурии почти нет атмосферы. Эта планета в силу своего близкого положения от Солнца захватывает некоторое количество газовых струй водорода и гелия, которые вырываются из звезды. Кроме того, раскаленные твердые породы выделяют атомы натрия. Поэтому очень тонкий атмосферный слой все же имеется. Температуры поверхности следующие: максимальная — плюс 430°C, минимальная — минус 180°C. Среднее расстояние от Солнца составляет 58 млн км. Весь путь по орбите вокруг Солнца Меркурий проходит за 88 сут. Один оборот вокруг своей оси он совершает за 59 земных сут.

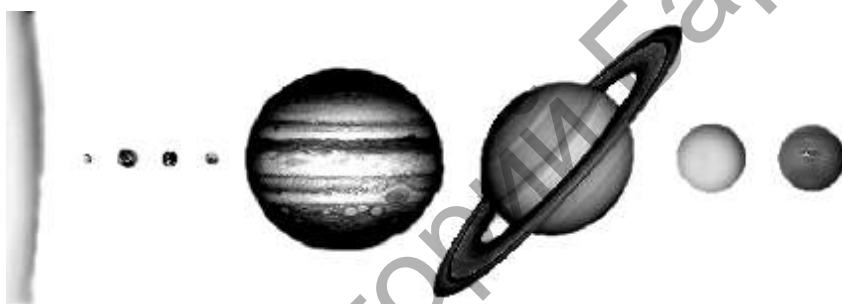


Рисунок 3 — Сравнение размеров планет Солнечной системы

О поверхности Меркурия первая информация была получена в результате фотографирования с космического аппарата «Мари-нер-10» (США) в 1974 и 1975 гг. На снимках были видны кратеры (очень похожие на лунные) и трещины.

Венера — вторая от Солнца планета, имеющая почти круговую орбиту, которую она обходит за 225 земных суток на расстоянии 108 млн км от Солнца.

Диаметр Венеры 12 100 км. Поворот вокруг оси планета совершает за 243 земных суток — максимально среди всех планет Солнечной системы. Вокруг оси Венера вращается в направлении, противоположном движению по орбите, имеет плотную атмосферу, крайне жаркую и сухую. В 1970 г. первый космический корабль, прибывший на Венеру, смог выдержать сильную жару лишь около одного часа — этого как раз хватило, чтобы послать на Землю дан-

ные об условиях на поверхности. Российские летательные аппараты совершили посадку на Венеру в 1982 г., тогда были сделаны первые фотоизображения поверхности планеты. На планете существует парниковый эффект. Температура у поверхности достигает своего максимума примерно у отметки плюс 480°C. В атмосфере Венеры содержится большое количество углекислого газа.

За Венерой на расстоянии от Солнца в среднем 149 млн км находится *Земля* — единственная планета внутренней Солнечной системы, имеющая большой спутник — *Луну*. Землю не без оснований называют двойной планетой. Луна находится на расстоянии 380 000 км от Земли, это ближайшее к нам небесное тело.

Диаметр Луны 3 476 км, что в 4 раза меньше диаметра Земли. Объем Луны в 50 раз меньше объема Земли. Она движется вокруг Земли и делает полный круг на небе за 27 сут 7 ч 43 мин — это звездный месяц, называемый *сидерическим*. На небосклоне Луна выглядит по-разному — то серпом, то диском, то совсем не видна. Эта смена фаз происходит потому, что Луна не является светящимся телом, а лишь отражает солнечный свет. Когда Солнце и Луна находятся на противоположных сторонах от Земли, виден полностью освещенный диск Луны — это фаза полнолуния. Если Луна находится в той стороне от Земли, где Солнце, то ее сторона, обращенная к Земле, не освещается — это фаза новолуния. В остальных случаях Луна имеет вид серпа.

Луна — единственный внеземной мир в космосе, который посетили люди. В 1959 г. советский космический корабль «Луна-3» совершил первый полет вокруг Луны и передал на Землю снимки ее обратной стороны.

В январе 1966 г. автоматический аппарат «Луна-9» совершил мягкую посадку на поверхность Луны.

Ровно десять лет спустя после первого полета американские ученые впервые произвели посадку корабля с человеком на поверхность Луны. Всего между 1969 и 1972 гг. на Луне побывало шесть экипажей космических кораблей «Аполлон», которые поставили ряд экспериментов и привезли на Землю 385 кг лунного грунта.

Условия на Луне необычны. Любое земное тело весит там в 6 раз меньше, чем на Земле, хотя его масса остается той же. Лунное небо всегда черное, даже когда Солнце находится над горизонтом. Температуры там меняются от плюс 90°C в полдень до минус

130°С ночью. На Луне нет воздуха и воды. Поверхность ее покрыта базальтовой лавой, характерная форма лунного рельефа — кратеры, трещины и сдвиги. Кроме кратеров на Луне есть горные гряды, купола, уступы, системы разломов.

Исследования образцов лунного грунта, привезенного экипажами аппаратов, показали, что они состоят из тех же химических элементов, что и другие тела Солнечной системы, но совершенно в других соотношениях, чем Земля.

Марс — внешняя планета земной группы, похожая на Землю, но меньше по величине и холоднее. Диаметр Марса составляет 6 790 км, т. е. в 2 раза меньше Земли. Полный оборот вокруг Солнца планета совершает за 678 земных суток. Расстояние между Землей и Марсом изменяется от 56 до 400 млн км. Период осевого вращения планеты близок к земному и составляет 24 ч 37 мин.

Марс имеет очень разреженную атмосферу, в которой содержится много углекислого газа (95%), немного азота и кислорода. Сходство состава атмосферы Марса и Земли дало некоторым ученым основание предполагать, что на Марсе могут существовать примитивные формы жизни. Здесь, как и на Земле, наблюдаются тепловые пояса. В настоящее время на Марсе не обнаружено свободной воды. Однако появление белых полярных шапок «зимой», которые, скорее всего, состоят в основном из твердой углекислоты (сухого льда), и сокращение их летом дают возможность предполагать наличие воды.

У Марса есть два маленьких спутника — Фобос и Деймос, открытые в 1877 г. Диаметр Фобоса составляет 23 км, а Деймоса — 16 км. На них имеется несколько кратеров. Возможно, что Фобос и Деймос являются астероидами, захваченными полем тяготения Марса, а не естественными спутниками. Изучение Марса было начато еще в XVII в. и продолжается до сих пор. Большой вклад в изучение этой планеты внесли американские аппараты: «Маринер-6» и «Маринер-7» в 1969 г. прошли вблизи Марса, а «Маринер-9» был выведен на орбиту вокруг Марса и сделал много фотографий.

Сведения о планетах-гигантах (Юпитере, Сатурне, Нептуне, Уране) очень скудны и значительно менее достоверны, чем сведения о планетах типа Земли.

Юпитер — самая большая планета Солнечной системы. Его диаметр в 11 раз превосходит радиус Земли, а масса в 318 раз больше массы Земли. Путь Юпитера по орбите вокруг Солнца за-

нимает 12 лет, при этом среднее расстояние до Солнца равно 800 млн км. Пояса облаков в атмосфере и Большое Красное Пятно делают планету очень живописной планетой.

Юпитер представляет собой огромный газовый шар. По своему химическому составу он очень похож на Солнце. Атмосфера Юпитера на 85% состоит из водорода и примерно на 14% из гелия.

Юпитер вращается вокруг своей оси очень быстро. Он делает один оборот за 10 ч. Разные части атмосферы движутся с разными скоростями, и именно это различие порождает пояса облаков. Большое Красное Пятно представляет собой огромного размера бурю в атмосфере Юпитера, которую наблюдают с Земли вот уже 300 лет. Температура верхних облаков составляет около плюс 160°С.

По орбитам вокруг Юпитера движется 16 спутников. Семейство лун этой планеты представляет собой как бы Солнечную систему в миниатюре, где Юпитер выполняет роль Солнца, а его спутники — роль планет. Самый большой спутник — Ганимед, его диаметр составляет 5 262 км.

Сатурн — шестая от Солнца планета. Масса Сатурна в 95 раз больше массы Земли. Диаметр экватора в 9,46 раза больше экватора Земли, он составляет 120 420 км. Период обращения вокруг оси 10,54 ч. Среднее расстояние от Солнца равно 778 млн км. Период обращения по орбите 29,5 земных лет.

Сатурн, подобно Юпитеру, целиком состоит из водорода и гелия, также имея в своей атмосфере зоны облаков аммиака. Вокруг планеты вращаются три главных кольца и много более узких колец, которые с большого расстояния они видны как одно кольцо. Плоскость колец наклонена к плоскости орбиты на 29°. Кольца в основном состоят из миллиардов мелких частиц, которые вращаются по орбите вокруг Сатурна, как отдельные микроскопические луны. У планеты есть спутник Титан, который имеет атмосферу с температурой 180°С.

Уран имеет диаметр в 4 раза больше диаметра Земли, т. е. 51 300 км, массу в 14,5 раза больше массы Земли. Период обращения вокруг оси составляет 17 ч 14 мин, период обращения по орбите вокруг Солнца — 84 года.

Уран состоит в основном из водорода и гелия, но $\frac{1}{7}$ часть его атмосферы занимает метан. Температура этой планеты около 220°С. В центре Урана находится большое ядро, состоящее из камня и железа. Ось вращения Урана наклонена к плоскости орбиты на 90°.

Из этого следует, что его северный полюс находится ниже плоскости орбиты, т. е. как бы опрокинут набок. Вокруг Урана обнаружены кольца, состоящие из больших и малых камней, а также тонкой пыли. Вокруг планеты вращаются пять больших спутников и десять малых.

Нептун имеет диаметр в 3,9 раза больше диаметра Земли, т. е. 49 500 км, период обращения вокруг оси — 17 ч 32 мин. Расстояние от Солнца — 4,5 млрд км, период обращения по орбите — 165 лет. Нептун имеет грозовую атмосферу, а также тонкие перистые облака, некоторые из которых состоят из замерзшего метана. Температура на Нептуне равна минус 213°C. У Нептуна есть спутник *Тритон*, превосходящий по величине земную Луну.

Между орбитами Марса и Юпитера имеется пространство, в котором обращается вокруг Солнца множество космических тел. Их называют астероидами, т. е. звездopodobными, но более детальное их изучение показало, что это не звезды, а планеты.

Всего на сегодняшний день открыто примерно 20 000 астероидов, из которых около 10 000 зарегистрированы, т. е. им присвоены номера или даже имена собственные, а орбиты рассчитаны с большой точностью. Имена собственные астероидам, обычно присваивают их первооткрыватели, но в соответствии с установленными международными правилами.

Самый крупный астероид был открыт в 1801 г. и назван *Церерой*. Ее диаметр — 913 км.

Большинство астероидов — карлики. Происхождение астероидов пока не известно. Согласно одной гипотезе, они представляют собой осколки бывшей планеты, которая вращалась вокруг Солнца за орбитой Марса, и в отдаленном прошлом потерпела какую-то катастрофу. Но в целом кажется более вероятным, что астероиды образовались в процессе сгущения пылевой среды в результате взаимного притяжения составляющих их частиц.

В составе Солнечной системы присутствуют и кометы. Ученые предполагают, что кометы представляют собой остаточный материал, образовавшийся при зарождении этой системы. Комета состоит из различных видов льда — замерзших воды, метана, аммиака и углекислого газа. В эту ледяную смесь заключены песчаная пыль, крупные камни и куски металла. Все эти материалы входят в межзвездное облако, из которого образовались Солнце и планеты.

Кометы движутся вокруг Солнца по орбите, имеющей форму весьма вытянутого эллипсоида и даже парабол. Периоды их обращения могут достигать многих миллионов лет. Когда комета движется по орбите, пыль и газ слетают с нее, образуя хвост. Радиация, идущая от Солнца, сталкивает хвост кометы в сторону, противоположную Солнцу. Хотя ядро кометы (ледяной глыбы) может иметь диаметр всего в несколько километров, хвост ее вытягивается в длину на 100 млн км. В ночном небе комета становится видна невооруженным глазом. Яркая комета может иметь изящный хвост, искрящийся в ночном небе. Когда она движется по орбите, от нее отделяются и более крупные сгустки пыли, куски камня и металла. Эти твердые тела образуют метеорные потоки. После того как комета обогает Солнце и начинает удаляться от него, она понемногу остывает. Образование газа уменьшается, струи иссякают и хвост сокращается.

Появление в небе новой кометы непредсказуемо, но в среднем приблизительно раз в 10 лет неожиданно вспыхивает и становится видна в ночном небе яркая комета. Кроме таких неожиданных комет существуют кометы, которые возвращаются на небо снова и снова и тоже видны невооруженным глазом. Самая известная и самая яркая из них названа именем ученого, вычислившего время ее движения по орбите, — *Галлея*. Эта комета возвращается каждые 76 лет. Самое последнее ее появление происходило в 1985—1986 гг. Следующее возвращение кометы Галлея во внутреннюю Солнечную систему ожидается в 2061 г., а наблюдать ее можно будет с 2060 по 2062 г.

Метеориты врываются в атмосферу со скоростью 60 000 км / ч и более. В результате трения о воздух объекты раскаляются и вспыхивают огненно-красным цветом. Видимый след в небе, оставляемый вспыхнувшим объектом при его вхождении в атмосферу, называется *метеором*. Эти следы называют также «падающими звездами».

Гипотезы о происхождении и развитии Солнечной системы

Образование Солнца и планет является одним из фундаментальных вопросов естествознания. Существует несколько гипотез, объясняющих происхождение и развитие Солнечной системы.

Первоначальная модель мироздания была очень проста. В Древнем Вавилоне сформировалось представление, будто Земля имеет вид выпуклого круглого острова, плавающего в мировом океане. На

земную поверхность будто бы опирается небо — твердый каменный свод, к которому прикреплены звезды и планеты и по которому совершает свою ежедневную прогулку Солнце. Примечательно, что у древних шумеров слово «на» обозначало и «небо», и «камень». Позже основные элементы этой вавилонской модели мира встречаются и у древних евреев; ее, в частности, придерживались и авторы Библии. Например, в книге Иова говорится, будто бы «Бог... распростер небеса твердые, как литое зеркало» (Иов, 37, 18). Вероятно, в Древней Греции впервые попытались научно объяснить эти явления, разгадать истинную причину их появления. Так, выдающийся мыслитель Гераклит Эфесский (около 544—470 гг. до н. э.) высказал предположение о непрерывном развитии мира. Согласно Демокриту (около 460—370 гг. до н. э.), Вселенная состоит из бесконечного множества миров, образующихся вследствие столкновения атомов, причем одни миры рождаются, другие находятся в состоянии расцвета, третьи разрушаются. Демокрит предполагал, что Млечный Путь является скоплением большого числа звезд.

У Пифагора встречается мысль о том, что Земля имеет форму шара и что она висит в пространстве без какой бы то ни было поддержки. Аристотель (384—322 гг. до н. э.) в своем труде «О небе» уже приводит величину земной окружности, из чего следует, что радиус Земли в современной мере равен примерно 10 000 км.

Сохранилась до наших дней работа Аристарха Самосского (около 320—230 гг. до н. э.). Ему удалось измерить угловое расстояние Луны от Солнца в первой четверти. Он также сделал попытку определить размеры и расстояния до Луны и Солнца. По Аристарху, расстояние от Земли до Луны составляет 19 радиусов Земли, а до Солнца — еще в 19 раз больше. Повидимому, имея в виду большие по сравнению с Землей размеры Солнца, Аристарх и высказал предположение, «что неподвижные звезды и Солнце не меняют своего места в пространстве, что Земля движется по окружности вокруг Солнца», как об этом сообщал позже и Архимед.

Во II веке до н. э. величайший античный астроном Гиппарх определил размеры Луны с исключительной точностью. По Гиппарху, радиус Луны равен 0,27 земных радиусов, что мало отличается от принятого ныне. Расстояние до Луны этот выдающийся астро-

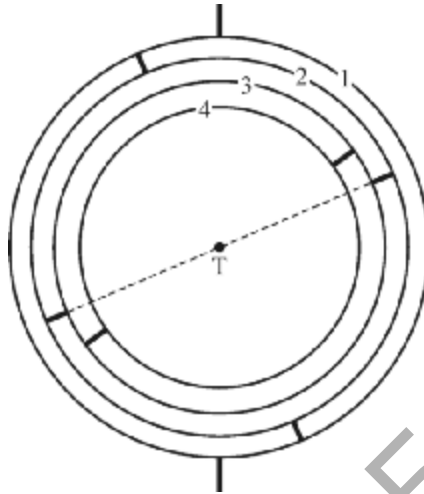
ном определил в 59 радиусов Земли (истинное среднее значение — 60,3). Однако расстояние до Солнца со времени Птолемея и вплоть до XVII в. принималось равным 1 120, т. е. примерно в 20 раз меньше истинного.

Первые попытки построить модель мира, в которой объяснялись бы прямые и попятные движения планет, были сделаны Евдоксом Книдским (около 408—353 гг. до н. э.) и Аристотелем.

В модели Евдокса видимое движение Солнца является результатом сложения трех равномерных круговых движений. Двумя из них являются вращение вместе с небесной сферой (с периодом в одни сутки, с востока на запад) и вдоль эклиптики (с периодом в один год, с запада на восток). Такой характер движения представляется с помощью следующей промежуточной модели: внутри сферы, вращающейся вокруг закрепленной оси с периодом в одни сутки, закреплена ось, вокруг которой (в противоположном направлении) с периодом в один год вращается еще одна сфера (рис. 4). Центры сфер совпадают, Земля расположена в центре, Солнце находится на экваторе внутренней сферы (эклиптике). Во времена Евдокса ошибочно считалось, что Солнце движется не точно по эклиптике, а отклоняется от нее в направлении север-юг, поэтому Евдокс Книдский добавил еще одну сферу с очень большим периодом обращения (неизвестно, каким именно). Порядок сфер должен был быть таким: снаружи находилась сфера, отвечавшая за суточное вращение, к ней внутри была прикреплена сфера, отвечавшая за отклонение Солнца от эклиптики, и уже к ней внутри была прикреплена сфера, отвечавшая за годичное движение Солнца по эклиптике. Неравномерность движения Солнца по эклиптике, которая уже была известна во времена Евдокса, в этой модели не учитывалась.

Но шедевром античной астрономии стал труд выдающегося александрийского ученого К. Птолемея (II в. н. э.) «Альмагест», в котором была построена новая теория планетных движений.

В геоцентрической модели мира К. Птолемея одна планета движется с угловой скоростью по малой окружности — эпициклу, центр которого, т. е. другая «средняя планета», обращается с угловой скоростью по деференту вокруг Земли (рис. 5). Из-за сложения обоих движений планета в пространстве описывает петлеобразную кривую — гипоциклоиду, что в проекции на небесную сферу



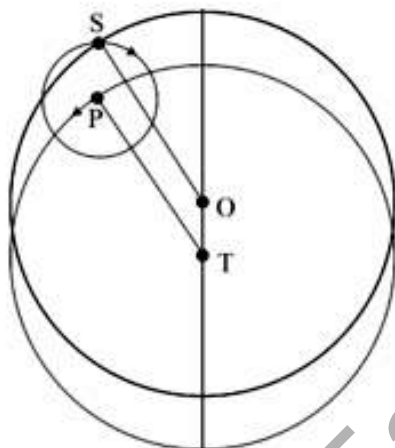
1 — суточное вращение небосвода; 2 — движение вдоль эклиптики; 3 и 4 — попятные движения планеты; T — Земля

Рисунок 4 — Система из четырех концентрических сфер для моделирования движения планет в теории Евдокса

Примечание. Пунктирная линия изображает эклиптику (экватор второй сферы).

при вполне определенных значениях угловых скоростей, а также величинах отношений радиуса эпицикла к радиусу деферента для каждой из планет полностью объясняло ее движение на небе. Эти значения К. Птолемей определил с большой точностью.

В связи с особенностями движения планеты Меркурий и Венера были названы нижними, а Марс, Юпитер и Сатурн — верхними планетами. В системе мира К. Птолемея центры эпициклов нижних планет всегда расположены на прямой, соединяющей Землю с Солнцем, а каждая из верхних планет находится на эпицикле строго в том же направлении, в котором относительно Земли находится Солнце, иначе говоря, радиусы-векторы эпициклов Марса, Юпитера и Сатурна всегда параллельны между собой. Видно также, что верхняя планета, занимая на небе положение, противоположное Солнцу (противостояние планеты), находится в ближайшем к Земле положении — в перигее (от греч. *περί* — вблизи).



T — Земля (центр деферента); S — Солнце,
 P — центр эпицикла, O — центр
эксцентриа (результатирующей орбиты
Солнца)

Рисунок 5 — Движение Солнца по
эксцентрическому кругу по теории
Птолемея

Примечание. При движении Солнца от-
резки SP и OT всегда параллельны.

В момент же соединения планеты с Солнцем, когда направления на оба светила совпадают, планета находится в апогее — в наиболее удаленной от Земли точке (от греч. *από* — вдали).

Модель мира Гиппарха. В основании всех древних воззрений на мир лежал принцип равномерного движения по окружностям, который впервые был поколеблен александрийским ученым Гиппархом (II в. до н. э.), открывшим, что длины времен года неодинаковы. Гиппарх первым нашел перигей и апогей Солнца и установил, что вблизи первого оно движется быстрее, чем вблизи второго. Но аксиома о равномерном движении слишком глубоко вошла в плоть и кровь античной науки, и Гиппарх не решился уничтожить ее.

Чтобы объяснить свои открытия, Гиппарх избрал иной выход. Допустим, что Солнце движется с постоянной скоростью по окружности, но центр этой окружности не совпадает с центром Земли, а лежит вне его, где-нибудь в свободном пространстве.

Тогда, действительно, нам должно казаться, что Солнце движется неравномерно — быстрее, когда оно идет по части круга, к которой Земля расположена ближе, и медленнее — в противоположной части.

Центр движения Солнца находится здесь в точке пересечения пунктирных линий, сплошные линии сходятся в центре Земли. Путем проб можно найти подходящее место для точки, находясь в которой наблюдатель будет видеть упомянутые выше особенности движения Солнца, хотя на самом деле оно совершается равномерно по кругу. Линию, соединяющую перигей и апогей, Гиппарх назвал линией апсид. Отношение измеренного по ней расстояния от центра солнечной орбиты до центра Земли к радиусу орбиты было названо им эксцентриситетом орбиты. Эти названия удержались в астрономическом языке до настоящего времени.

По аналогии с солнечной, центр лунной орбиты Гиппарх также поместил вне Земли. Он вычислил для нее направление линии апсид, эксцентриситет, перигей и апогей. Движения Солнца и Луны Гиппарх определил с удивительной для его времени точностью.

Система мира Н. Коперника. Книга Н. Коперника «Об обращениях небесных сфер» была опубликована в 1543 г. незадолго до смерти ученого. В этом сочинении Н. Коперник разработал идею о движении Земли и положил начало новой астрономии. Созданная им система мира называется гелиоцентрической. В ее основе лежат следующие утверждения:

1. В центре мира находится Солнце, а не Земля.
2. Шарообразная Земля вращается вокруг своей оси, и это вращение объясняет кажущееся суточное движение всех светил.
3. Земля, как и все другие планеты, обращается вокруг Солнца, и это обращение объясняет видимое движение Солнца среди звезд.
4. Все движения представляются в виде комбинации равномерных круговых движений.
5. Видимые прямые и попятные движения планет объясняются движением Земли.

Кроме того, Н. Коперник считал, что Луна движется вокруг Земли и как спутник вместе с Землей — вокруг Солнца.

Небулярная гипотеза происхождения и развития Солнца и Солнечной системы. Данная гипотеза в общих чертах была разработана выдающимся немецким философом и географом *И. Кантом* в 1755 г. Согласно данной гипотезе, Солнце и планеты Солнечной

системы образовались из некоторой разряженной, медленно вращавшейся туманности (небулы), состоявшей из газа и пыли. В центре этой туманности возникло Солнце, а на периферии — планеты. Эта теория была достаточно верной. Но на уровне науки того времени она не была детально разработанной. В 1796 и 1824 гг. французский ученый *Пьер-Симон Лаплас* математически доказал роль вращения в сгущении планет. Лаплас утверждал, что Солнце и другие планеты Солнечной системы образовались из горячего облака.

Космогоническая гипотеза происхождения и развития Солнца и Солнечной системы. Гипотеза была разработана и обоснована русскими советскими учеными *О. Шмидтом*, *А. И. Лебединским* и другими в 1950 г. Согласно этой теории, все тела Солнечной системы образовались из медленно вращавшегося газово-пылевого облака, в котором газ составлял свыше 90% общей массы. При движении в Галактике это протопланетное облако оказалось в таких условиях (гравитация, температура и др.), при которых нарушилось внутреннее равновесие массы облака и оно стало сжиматься. Первоначально хаотическое движение частиц стало упорядоченным, облако приобрело дискообразную и спиральную форму. В центре сконцентрировалась наибольшая масса, в ней повысилась температура, и возникли ядерные реакции. Так образовалось Солнце. В меньшей периферийной массе образовались спиральные кольца, сгущение вещества которых привело к образованию планет. Полагают, что это произошло около 10 млрд лет назад.

Форма Земли

В разные исторические периоды существовали различные представления о форме Земли.

Земля-шар. Представление о шарообразности Земли возникло в глубокой древности и обосновано в трудах таких древнегреческих философов-идеалистов, как Парменид, Платон и др.

Значение шарообразности Земли для географической оболочки сводится к следующему:

1. Шаровая фигура при минимальном объеме концентрирует максимальную массу материи. Вещество планеты сжимается, внутри формируются центральное ядро и оболочки. Оболочечное строение Земли — одно из самых фундаментальных ее свойств. Внутри тела Земли господствуют силы тяготения, в литосфере — силы сцепления.

2. Специфическая форма каждой оболочки, в том числе географической, обуславливает бесконечность и единство географического пространства. Геологические, геофизические и географические процессы не имеют границ в первых двух измерениях (ширина и длина): для движения внутреннего вещества Земли, циркуляции океанической воды, воздушных масс и атмосферы, расселения живых организмов. Процессы географической оболочки могут быть правильно поняты только с учетом специфичности географического пространства.

3. Специфическую форму имеет и гравитационное поле Земли. Гравитационное (физическое) поле — поле, создаваемое любыми физическими объектами. Через гравитационное поле осуществляется гравитационное взаимодействие тел.

4. Солнечные лучи на шаровую поверхность падают в разных широтах под разными углами. Это создает термическое поле Земли — количество тепла от экватора к полюсам уменьшается; формируются термические пояса — жаркий, два умеренных и два холодных. Распределение тепла по земной поверхности — начальная и основная причина формирования климатов.

5. Шарообразная форма планеты обуславливает постоянное распределение ее на освещенную дневную и неосвещенную ночную половины. Вместе с вращением вокруг оси это определяет суточную ритмику теплового режима географической оболочки.

6. Сферическая форма географического пространства вместе с его вращением определяют дифференциацию географической оболочки на географические пояса и зоны.

Сферическая форма географической оболочки симметрична относительно плоскости экватора. Географические пояса Северного полушария в общем зеркально повторяют соответствующие пояса Южного полушария.

Земля-сфероид. Фигуры планет, в том числе Земли, создаются действием двух типов: во-первых, силами тяготения, которые формируют шаровую форму; во-вторых, силами центробежного осевого вращения, которые вызывают полярное сжатие (сплюснутость) и определяют сфероидальную форму. Величина отклонения сфероида от шара определяется скоростью вращения. Чем больше скорость вращения, тем больше полярное сжатие.

Земля по своей форме представляет собой типичный сфероид. У сфероида имеется две оси — экваториальная и полярная. Для земного сфероида в географии принято вычислять полуоси.

Экваториальный радиус Земли (большая полуось) составляет 6 378,160 км, полярный радиус Земли (малая полуось) — 6 356,777 км, экваториальное сжатие — 1:30 000.

Отсюда выводится ряд других показателей размеров земного сфероида:

- длина меридиана — 40 068,5 км;
- длина экватора — 40 075,7 км;
- поверхность Земли — 510 200 600 км².

Отклонение сфероида от шара относительно невелико — всего 21,36 км на полюсах. Для таких процессов, как распределение тепла, движения водных и воздушных масс, расселения растений и животных и др., это не имеет существенного значения и в географии могло бы не рассматриваться вообще. Но сферическая деформация отражается на тектонике земной коры и, следовательно, на рельефе.

Земля-геоид. В современной научной литературе форма Земли определяется термином «геоид», что буквально означает «форма Земли». Термин «геоид» был предложен в 1873 г. немецким математиком И. Листингом для обозначения геометрической фигуры, более точно отражающей форму Земли, чем эллипсоид вращения. Форма Земли сугубо индивидуальна и не совпадает ни с какой математической фигурой (рис. 6).

Вывод о том, что Земля — геоид, впервые был сделан на основании градусных измерений, но только при помощи искусственных спутников Земли удалось выявить и измерить отступление геоида от математического сфероида во всех точках поверхности, в том числе и на океанах. В результате специальных научных исследований было обнаружено, что Земля слегка грушеподобна: в средних широтах Южного полушария поверхность геоида несколько (до 20 м) выше сфероида, на экваторе они совпадают, а в средних широтах Северного полушария геоид ниже сфероида; северный полюс приподнят на 15 м, южный опущен на 20 м, а вся Антарктида лежит на 30 м ниже эллипсоида.

Величина отступления геоида от сфероида в сравнении с размерами земного шара невелика, но она порождает внутренние напряжения в Земле, отражающиеся на локализации тектонических процессов и на рельефе.

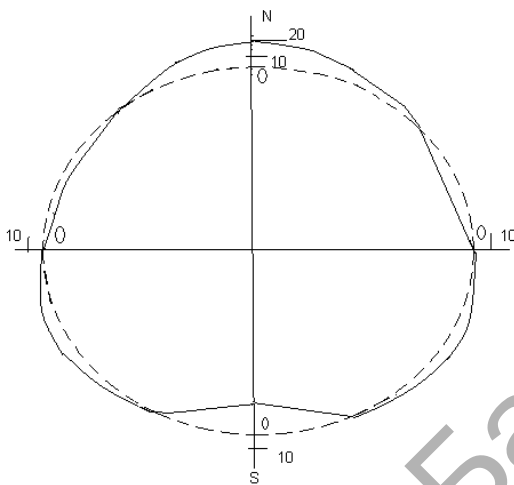


Рисунок 6 — Геоид

Форма геоида объясняется прежде всего распределением в ее теле тяжелых и относительно легких горных пород, поскольку с их плотностью связано значение силы тяжести. В местах скопления тяжелых пород (например, в Антарктиде) поверхность фигуры отступает к центру планеты, а там, где скопились породы меньшей плотности (Северный полюс, Северный Ледовитый океан) — отступает от центра.

Земля совершает 11 различных движений, из которых важное географическое значение имеют следующие:

- суточное вращение вокруг оси;
- годовое обращение вокруг Солнца;
- движение вокруг общего центра тяжести системы «Земля — Луна».

Рассмотрим указанные движения планеты Земля более подробно.

Ось вращения Земли отклонена от перпендикуляра к плоскости эклиптики на $23^{\circ}26,5'$. Угол наклона при движении по орбите вокруг Солнца сохраняется.

Осевое вращение Земли происходит с запада на восток или против часовой стрелки, если смотреть с Северного полюса Мира. Это направление движения присуще всей Галактике.

Время оборота Земли вокруг своей оси может быть определено по Солнцу и по звездам. Солнечными сутками называется промежуток времени между двумя последовательными прохождением Солнца через меридиан точки наблюдения. В связи со сложностью движения Солнца и Земли истинные солнечные сутки изменяются. Поэтому для определения среднего солнечного времени применяются такие сутки, продолжительность которых равна средней длине суток в течение года.

В связи с тем, что Земля движется в том же направлении, в котором вращается вокруг своей оси, то солнечные сутки несколько длиннее действительного времени полного оборота Земли, которое определяется временем между двумя прохождением звезды через меридиан данного места. Звездные сутки равны 23 ч 56 мин и 4 с. Это и есть действительное время суточного оборота Земли.

Угловая скорость вращения — угол, на который поворачивается какая-нибудь точка на поверхности Земли за любой отрезок времени; одинакова для всех широт. За один час точка пробега составляет 15° ($360^\circ : 24 \text{ часа} = 15^\circ$). Линейная скорость зависит от широты (на экваторе она равна 464 м / с, в сторону полюсов уменьшается).

Время суток — утро, день, вечер и ночь — на одном и том же меридиане начинаются одновременно. Однако трудовая деятельность людей в разных частях Земли требует согласованного счета времени. С этой целью введено *поясное время*.

Сущность поясного времени заключается в том, что Земля в соответствии с количеством часов в сутках меридианами делится на 24 пояса, идущих от одного до другого полюса. Ширина каждого пояса равна 15° . Местное время среднего меридиана одного пояса от соседнего пояса отличается на 1 ч. В действительности границы часовых поясов на суше проводятся не всегда по меридианам, а часто по политическим и географическим рубежам.

Вращение Земли вокруг своей оси дает объективную основу для построения градусной сетки.

Во вращающейся сфере объективно выделяются две точки, к которым может быть привязана координатная сетка. Эти точки — полюсы, не участвующие во вращении, и поэтому неподвижные.

Ось вращения Земли — прямая, проходящая через центр ее массы, вокруг которой вращается наша планета. Точки пересечения

оси вращения с поверхностью Земли — географические полюса; их два — северный и южный (рис. 7). Северным полюсом называется полюс, со стороны которого планета вращается против часовой стрелки, как и вся Галактика.

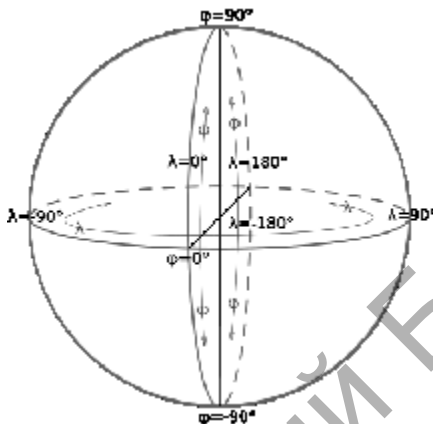


Рисунок 7 — Координатная сфера

Линия пересечения большого круга, плоскость которого перпендикулярна оси вращения, с поверхностью земного шара называется географическим или земным *экватором*. Можно также сказать, что экватор — линия, во всех точках равностоящая от полюсов. Он делит Землю на два полушария: северное и южное. Противоположность между северным и южным полушариями не только чисто геометрическая. Экватор является линией смены времен года и отклонения движущихся тел вправо и влево, а также видимым путем движения Солнца и всего небосвода.

Малые круги, плоскости которых параллельны экваториальной плоскости, пересекаясь с земной поверхностью, образуют географические параллели. Удаленность параллелей, а равно и всяких точек, от экватора выражается географической широтой — углом φ между местным направлением зенита и плоскостью экватора, отсчитываемым от 0° до 90° в обе стороны от экватора. Географическую широту точек, лежащих в Северном полушарии — северную широту, принято считать положительной, широту точек в Южном полушарии — отрицательной. О широтах, близких к полюсам, принято говорить как о высоких, а о близких к экватору — как о низких.

От широты места, как и от времени года, зависит продолжительность дня.

Линия пересечения большого круга, проходящая через географические полюсы и через искомую точку, с поверхностью земного шара называется **меридианом** данной точки. Плоскость меридиана перпендикулярна к плоскости горизонта. Линия пересечения этих двух плоскостей и называется полуденной. Для определения начального меридиана объективного критерия нет. По международному соглашению в качестве начального принят меридиан обсерватории в Гринвиче (окрестности Лондона).

От начального меридиана ведется счет долгот. **Географической долготой** называется угол λ между плоскостью меридиана, проходящего через данную точку, и плоскостью начального нулевого меридиана, от которого ведется отсчет долготы. Долготы от 0° до 180° к востоку от нулевого меридиана называют восточными, к западу — западными. Восточные долготы принято считать положительными, западные — отрицательными.

Для географической оболочки и природы Земли в целом осевое вращение Земли имеет огромное значение, в частности:

1. Осевое вращение Земли создает основную единицу времени — *сутки*, делящие Землю на две части — освещенную и неосвещенную. Смена напряжения (работа) и ослабления (отдых) есть внутренняя потребность всех живых организмов. Очевидно, главным синхронизатором биологических ритмов выступает чередование света и темноты. С ним связана ритмика фотосинтеза, клеточных делений и роста, дыхания, свечения водорослей и многие другие явления в географической оболочке.

От суток зависит важнейшая черта теплового режима земной поверхности — смена дневного нагревания и ночного охлаждения. При этом важна не только эта смена сама по себе, но и продолжительность периодов нагревания и охлаждения.

Суточная ритмика проявляется и в неживой природе: в нагревании, охлаждении и выветривании горных пород, температурном режиме, температуре воздуха, наземных осадках и т. д.

2. Важнейшее значение вращения географического пространства состоит в разделении его на правое и левое. Это приводит к отклонению путей движущихся тел вправо в Северном полушарии и влево в Южном полушарии.

Еще в 1835 г. математик Г. Кориолис сформулировал теорию относительного движения тел во вращающейся системе отсчета. Вращающееся географическое пространство и является такой неподвижной системой. Отклонение движения вправо или влево получило название кориолисовой силы или кориолисового ускорения. Сущность данного явления состоит в следующем (рис. 8). Направление движения тел, естественно, прямолинейно относительно оси Мира. Но на Земле оно происходит на вращающейся сфере; под движущимся телом плоскость горизонта поворачивается влево в Северном полушарии и вправо в Южном полушарии. Поскольку наблюдатель находится на твердой поверхности вращающейся сферы, то ему кажется, что движущееся тело отклоняется вправо, тогда как на самом деле плоскость горизонта уходит влево.



Рисунок 8 — Сила Кориолиса

Действию кориолисовой силы подвергаются все перемещающиеся на Земле массы: вода в океанических и морских течениях, воздушные массы в процессе циркуляции атмосферы, вещество в ядре и мантии.

3. Вращение Земли (вместе с шарообразной формой) в поле солнечной радиации (свет и тепло) определяет западно-восточное протяжение природных зон и географических поясов.

4. Благодаря вращению Земли, неупорядоченные в разных местах восходящие и нисходящие токи воздуха приобретают преимущественную спиральность. Этой закономерности подчиняются воздушные массы, океанические воды, а также, вероятно, вещество ядра.

Полный оборот вокруг Солнца Земля совершает за 365 дней 6 ч 9 мин и 9 с. По истечении звездного года наблюдатель с Земли увидит Солнце около той же звезды, где оно ровно было год тому назад. **Тропический год**, т. е. промежуток времени между двумя последовательными прохождением Солнца через точки весеннего равноденствия, продолжается 365 дней 5 ч 48 мин и 46 с. Он примерно на 20 минут короче звездного года.

Путь годовичного движения Земли, или орбита, имеет форму эллипса, в одном из фокусов которого находится Солнце. Отсюда следует, что расстояние от Земли до Солнца меняется в течение года (рис. 9). Ближе всего к Солнцу, или в *перигелии*, Земля бывает 3 января. В этот день расстояние от Земли до Солнца равно 147 000 000 км. 5 июля, в *афелии*, Земля удаляется от Солнца на 152 000 000 км. Длина земной орбиты составляет около 940 000 000 км. Этот путь Земля проходит со средней скоростью 107 тыс. км / ч, или 29,8 км / с. В афелии скорость уменьшается до 29,3 км / с, а в перигелии возрастает до 30,3 км / с.

Оборот Земли вокруг Солнца дает основную единицу времени — год, в который в отличие от суточного вращения обусловлен не самим обращением Земли вокруг Солнца и даже не изменением расстояния до него, а тем, что ось вращения Земли наклонена к плоскости орбиты. Угол наклона составляет $66^{\circ} 33' 15''$.

В процессе годовичного движения земная ось остается в неизменном положении, т. е. всегда параллельной самой себе. Это при различном положении Земли по отношению к Солнцу обуславливает изменение освещения и нагревания северного и южного полушарий по сезонам года.

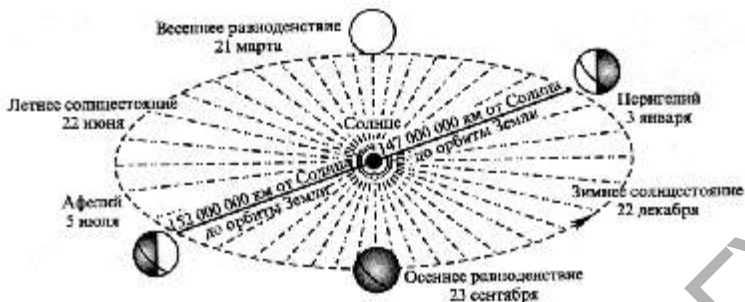


Рисунок 9 — Годичное движение Земли

21 марта и 23 сентября наклон земной оси нейтрален по отношению к Солнцу. В эти дни солнечные лучи отвесно падают на экватор, северное и южное полушария вплоть до полюсов освещаются равномерно, и на всех широтах день и ночь продолжаются по 12 ч. Поэтому эти числа называются **днями равноденствия**.

21 июня Земля занимает такое положение, при котором ее ось северным концом наклонена к Солнцу. Поэтому отвесные лучи падают уже не на экватор, а севернее его на угловое расстояние, равное наклону плоскости экватора к плоскости орбиты или эклиптики, т. е. на $23^{\circ}33'$ (рис.10).

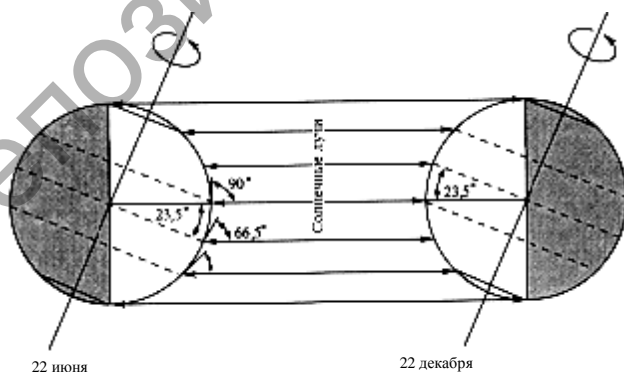


Рисунок 10 — Освещение Земли солнечными лучами в дни солнцестояния

При суточном обороте Земли отвесно падающие лучи опишут на ней линию, севернее которой Солнце никогда не бывает в зените. Эта линия называется северным тропиком, или поворотным кругом. Северный поворотный круг называется также тропиком Рака по имени созвездия, в котором находится в это время Солнце. Южный поворотный круг — тропиком Козерога. Числа, в которые Солнце бывает на тропиках в зените, называется днями солнцестояний.

В высоких северных широтах в день летнего солнцестояния круглые сутки освещается не только полюс, но и пространство за ним до широты $66^{\circ}33'$ или Северного полярного круга.

В Южном полушарии в этот день солнечный луч образует касательную к поверхности шара тоже на широте $66^{\circ}33'$, но так, что все пространство за этой линией, или южным полярным кругом, 22 июня не освещается. Уже на следующий день, 23 июня, Солнце смещается от тропика в сторону экватора, на Северном полярном круге наступает короткая ночь, а на Южном — Солнце днем несколько поднимается над горизонтом.

Продолжительность дня в Северном полушарии последовательно уменьшается, а в Южном — увеличивается до осеннего равноденствия — 23 сентября.

22 декабря, в день зимнего солнцестояния, отвесные лучи падают на южный тропик, а северные полярные страны, начиная от Северного полярного круга, не освещаются, а на Южном полярном круге и далее к полюсу Солнце круглые сутки находится выше линии горизонта. Так продолжается до дня весеннего равноденствия — 21 марта.

Тропиками, или поворотными кругами (от греч. *tropikos* — круг поворота), называются параллели $23^{\circ}27'$ южной и северной широта, на которых один раз в году в дни солнцестояний в полдень Солнце бывает в зените. Полярные круги представляют собой параллели $66^{\circ}33'$ северной и южной широты, на которых один раз в году в дни летнего солнцестояния Солнце не заходит, а в дни зимнего солнцестояния не восходит.

Год — это не только единица измерения времени, но и продолжительность сезонных циклов многих явлений в живой и неживой природе: сезонная смена погод, установление и сход снежного покрова в умеренных широтах, годовой режим рек и озер, сезонная ритмика в жизни растений и животных. В природе практически нет тел и явлений, которые не испытывали бы на себе влияние сезонной ритмики.

Сезоны года (весна, лето, осень, зима) проявляются не однозначно для полушарий, а по определенным поясам, которые получили в географической литературе название поясов освещения. Всего насчитывается 13 поясов освещения.

Экваториальный пояс располагается по обе стороны от экватора и ограничен параллелями 10° с. ш. и 10° ю. ш. Полуденная высота Солнца в этом поясе колеблется от 90 до $56,5^{\circ}$, день и ночь почти всегда равны, сумерки очень короткие, смены времен года нет.

К *тропическим поясам* относятся:

северный тропический пояс, ограниченный параллелями 10° с. ш. и $23,5^{\circ}$ с. ш.,

южный тропический пояс — 10° ю. ш. и 23° ю. ш.

Полуденная высота Солнца в пределах тропических поясов колеблется от 90 до 47° , продолжительность дня и ночи изменяется от $10,5$ до $13,5$ ч; сумерки короткие, есть два сезона года, мало отличающиеся по температуре.

Субтропические пояса:

северный субтропический пояс: $23,5^{\circ}$ с. ш. — 40° с. ш.;

южный субтропический пояс: $23,5^{\circ}$ ю. ш. — 40° ю. ш.

В зените Солнце в пределах субтропических поясов не бывает. Высота Солнца близ тропика в летнее полугодие приближается к 90° , а на противоположной границе зимой уменьшается до $26,5^{\circ}$. Продолжительность дня и ночи для крайних широт колеблется от 9 ч 09 мин до 14 ч 51 мин. Сумерки непродолжительные, часто выражены зима и лето, слабее выражены весна и осень.

Умеренные пояса:

северный умеренный пояс: 40° с. ш. — 58° с. ш.;

южный умеренный пояс: 40° ю. ш. — 58° ю. ш.

Полуденная высота Солнца на полярной границе изменяется от $8,5^{\circ}$ зимой до $55,5^{\circ}$ летом. Продолжительность дня и ночи колеблется от 18 до 6 ч. Сумерки продолжительные. Четко выражены все четыре времени года (весна, лето, осень, зима). Зима и лето приблизительно равны.

Пояса летних ночей и коротких зимних дней:

северный пояс летних ночей и коротких зимних дней: 58° с. ш. — $66,5^{\circ}$ с. ш.;

южный пояс летних ночей и коротких зимних дней: 58° ю. ш. — $66,5^{\circ}$ ю. ш.

Высота Солнца в полдень на полярных границах изменяется от $53,5^\circ$ летом до 0° зимой. Около дня летнего солнцестояния бывают белые ночи, зимой — сумеречные дни, выражены все четыре времени года, зима длиннее лета.

Субполярные пояса:

северный субполярный пояс: $66,5^\circ$ с. ш. — $74,5^\circ$ с. ш.;

южный субполярный пояс: $66,5^\circ$ ю. ш. — $74,7^\circ$ ю. ш.

Полярные границы субполярных поясов определяются опусканием Солнца в дни зимних солнцестояний для соответствующих полушарий ниже горизонта на 8° . Поэтому полярная ночь в этом поясе носит характер сумерек, или является «белой», и продолжается от 1 суток у полярных кругов до 103 суток на полярных границах. Летняя высота Солнца колеблется от 47 до 39° .

Полярные пояса:

северный полярный пояс: $74,5^\circ$ с. ш. — 90° с. ш.;

южный полярный пояс: $74,5^\circ$ с. ш. — 90° ю. ш.

В этом поясе Солнце не восходит от 103 до 179 суток; наибольшая высота Солнца на полюсах — $23, 5^\circ$; времена года совпадают с днем и ночью.

Всемирное тяготение уравнивается всемирным отталкиванием. Суть тяготения (гравитации) заключается в том, что все тела притягиваются друг к другу пропорционально их массам и обратно пропорционально квадрату расстояния между ними. Отталкивание — это центробежная сила, возникающая при вращении и обращении небесных тел. Земля и Луна взаимно притягиваются, но Луна не может упасть на Землю, так как она вращается вокруг Земли и тем самым стремится от нее уйти.

Расстояние между Землей и Луной таково, что силы их взаимного притяжения точно равны центробежной силе, возникающей при движении этих планет вокруг общего центра тяжести. Луна в 81,5 раза меньше Земли, поэтому общий центр тяжести системы «Земля — Луна» расположен не между ними, а внутри Земли, в удалении от центра Земли на 0,73 земного радиуса.

Равновесие притяжения и отталкивания справедливо для центров планет, но оно не распространяется на отдельные точки поверхности Земли. Поэтому происходит возмущение поля силы тяжести, вызывающее приливы и отливы.

Притяжение Луны действует на каждую точку поверхности Земли и всюду направлено в сторону Луны (рис. 11). Но из-за больших размеров земного шара величина его, обратно пропорциональная квадрату расстояния, всюду различна. Сторона Земли, в данный момент обращенная к Луне, притягивается сильнее всего. На противоположной стороне притяжение слабее. Разница в притяжении составляет около 10%.

Взаимодействующая двух сил — силы притяжения и центробежной силы — и есть приливообразующая сила.

Лучше всего приливы выражены в Мировом океане. В океанских водах на обращенной к Луне стороне формируется приливная волна (такая же волна формируется и на противоположной стороне). Земля вращается «под» этой волной, совершая один оборот за сидерический день (23 ч, 56 мин, 4,091 с). В результате приливная волна бежит по поверхности Земли с востока на запад, совершая один полный оборот за 24 ч 48 мин.

Поскольку Земля отнюдь не является гладким шариком, на каждую из этих двух приливных волн регулярно «набегают» восточные берега материков, омываемых Мировым океаном («набегают» именно материки на волну, поскольку Земля вращается быстрее обращения Луны). Из-за этого приливная волна смещается вперед по направлению вращения Земли, опережая Луну.

Следствием такого опережения является то, что значительная часть массы океанских вод (т. е. и часть массы всей Земли) смещается вперед с линии, соединяющей центры масс Земли и Луны. Эта смещенная вперед масса притягивает к себе Луну, создавая силу, действующую перпендикулярно линии Земля — Луна. В результате на Луну действует момент силы, ускоряющий ее обращение по орбите вокруг Земли.

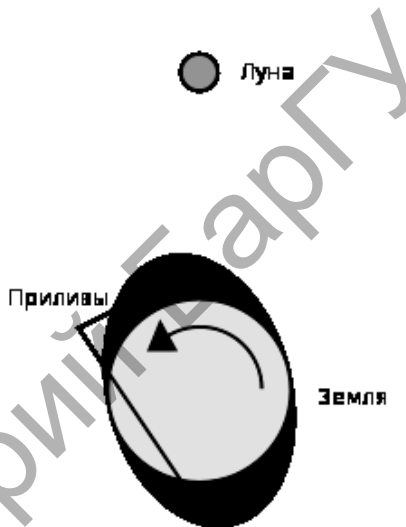


Рисунок 11 — Диаграмма системы «Земля — Луна»

На приливообразующую силу реагирует также и мантия, а следовательно, и земная кора, и, вероятно, ядро.

Приливной волне сопротивляются силы сцепления. Частицы взаимно перемещаются, преодолевая внутреннее трение. Это и есть **приливное трение**. На него расходуется энергия вращения Земли, которое постепенно в геологическом времени замедляется. В архее сутки продолжались, вероятно, 20 ч. В зависимости от уменьшения скорости вращения перестраивается фигура Земли и изменяется рельеф литосферы.

Карта и план

Картой называется уменьшенное обобщенное изображение земной поверхности на плоскости, выполненное по определенному математическому закону и показывающее размещение, сочетания и связи природных и общественных явлений.

Человек создавал карты с древнейших времен, пытаясь наглядно представить взаимное расположение различных участков суши и морей. Собрание карт, обычно переплетенных вместе, называют атласом (термин введен фламандским картографом эпохи Возрождения Г. Меркатором).

Шар (сфера) с нанесенным на его поверхность картографическим изображением Земли называется **глобусом**.

На всех картах, дающих изображение шара на плоскости, имеются те или иные искажения, устранить которые невозможно. Тем не менее у карт есть определенные преимущества перед глобусом. Например, карта мира позволяет окинуть взглядом всю земную поверхность, тогда как на глобусе с одной точки видно не более половины земного шара; поэтому карты более удобны при рассмотрении всей поверхности Земли. На карте, кроме того, существенно легче, чем на глобусе, измерять углы и направления. В настоящее время для навигационных целей глобусы используются редко. Изображение на сферической поверхности территорий, по размерам не превышающих субконтинент, не дает практически никаких преимуществ, поэтому и в таких случаях используют карты, а не сегменты глобуса. Более того, карты гораздо проще изготовить, транспортировать и хранить.

При всем поразительном разнообразии существующих карт большинству из них присущи некоторые общие черты — они имеют градусную сетку координат, масштаб и элементы основы (например, береговые линии). Кроме того, на карты обычно нанесены надписи и условные знаки, и к ним прилагается легенда.

Сетка координат представляет собой систему взаимно пересекающихся линий, обозначающую на карте или поверхности глобуса широту и долготу. Линии, обозначающие широту, проходят в направлении восток — запад параллельно экватору (широта которого равна 0°); широта полюсов считается равной 90° (северной широты для Северного полюса и южной — для Южного полюса). Поскольку эти линии не пересекаются и взаимно параллельны, они также называются **параллелями**. Из них только экватор представляет собой самый большой круг (ограниченная этой линией плоскость, проходящая через центр Земли, пересекает земной шар пополам). Остальные параллели — это окружности, длина которых закономерно убывает с удалением от экватора. Все линии долготы — **меридианы** — представляют собой половинки большого круга, сходящиеся у полюсов. Меридианы проходят в направлении север — юг, от полюса до полюса; по ним отсчитывается угловое расстояние от начального меридиана, обозначаемого как 0° долготы, на восток и на запад до 180° (при этом долготы, которые отсчитываются в восточном направлении, обозначаются буквами «в. д.», а в западном — «з. д.»). В отличие от экватора, равноудаленного от полюсов на всем протяжении и являющегося в этом смысле «естественной» точкой отсчета при определении широты, начальный меридиан, от которого ведется отсчет долготы, выбирается произвольно. В соответствии с международным соглашением за начало координат (0° долготы) принят меридиан Гринвичской астрономической обсерватории (находится на территории Лондона, в Великобритании). В разные времена картографы использовали в качестве начальных меридианы Канарских или Азорских островов, Парижа, Филадельфии, Рима, Токио, Пулкова и пр.

На поверхности глобуса линии параллелей и меридианов пересекаются под углом 90° ; что касается карт, то на них такое соот-

ношение сохраняется лишь в некоторых случаях. Как на картах, так и на глобусах обычно наносится определенная система меридианов и параллелей (проведенных через 5° , 10° , 15° или 30°). В дополнение к этому на картах и на глобусах показывают Северный тропик, или тропик Рака ($23\frac{1}{2}^\circ$ с. ш.), Южный тропик, или тропик Козерога ($23\frac{1}{2}^\circ$ ю. ш.), Северный полярный круг ($66\frac{1}{2}^\circ$ с. ш.) и Южный полярный круг ($66\frac{1}{2}^\circ$ ю. ш.). Часто на карты наносится также международная линия перемены даты, которая в основном совпадает со 180° долготы.

Об универсальности карт свидетельствует тот факт, что даже примитивные народы составляют карты, прекрасно отвечающие их потребностям. Например, эскимосы, не располагая никакими измерительными инструментами, составляли карты областей северной Канады. Морские карты, составленные жителями Маршалловых островов в Тихом океане, дают исключительно интересные примеры «первобытной» картографии. На этих картах «сетка» образована средними жилками пальмовых листьев, представляющих открытое море, а дуговидные боковые жилки соответствуют фронту волн, приближающихся к островам; сами острова обозначены раковинами моллюсков.

До нашего времени дошли карты, составленные в Вавилоне и Древнем Египте. Вавилонские карты на глиняных табличках, датированные примерно 2 500 до н. э., показывают различные по величине объекты, от отдельного землевладения до крупной речной долины. На крышке одного египетского саркофага изображена стилизованная карта дорог Древнего Египта.

В Китае были разработаны некоторые технические приемы, в том числе прямоугольная картографическая сетка, использовавшаяся для определения местонахождения объекта.

В области картографии греки значительно превзошли другие народы. Уже в IV в. до н. э. греки пришли к выводу о шарообразности Земли и разделили ее на климатические пояса, из чего позднее возникла концепция широты. Эратосфен в III в. до н. э. с помощью простых геометрических построений поразительно точно определил размеры Земли. Ему принадлежит также карта мира, на которой были показаны линии широты и долготы (хотя и не в современном упорядоченном виде) (рис. 12).



Рисунок 12 — Карта Эратосфена

Изображение географических координат в виде правильной сетки с равными интервалами, приписываемое греческому астроному Гиппарху, использовалось прославленным греческим картографом Птолемеем, жившим во II в. н. э. в Александрии. Птолемей составил географический справочник, включавший около 8 000 пунктов с указанием их координат, и разработал руководство по составлению карт, по которому много веков спустя ученым удалось реконструировать некоторые из составленных им карт. После Птолемея картография на Западе пришла в упадок, хотя римляне вели большие работы по съемке земель и составлению дорожных карт.

Значительный прогресс в картографии был достигнут в Китае: составлявшиеся в XII в. карты превосходят любые другие, относящиеся к этому времени. Именно Китаю принадлежит заслуга выпуска первой печатной карты (около 1 150). Тем временем арабы, используя данные астрономических наблюдений, научились определять широту и долготу любого места значительно точнее, чем это удавалось Птолемию. Большинство карт, составлявшихся в Европе в Средние века, или грешило крайней схематичностью, как, например, дорожные карты для паломников, или было перегружено религиозной символикой (рис. 13).

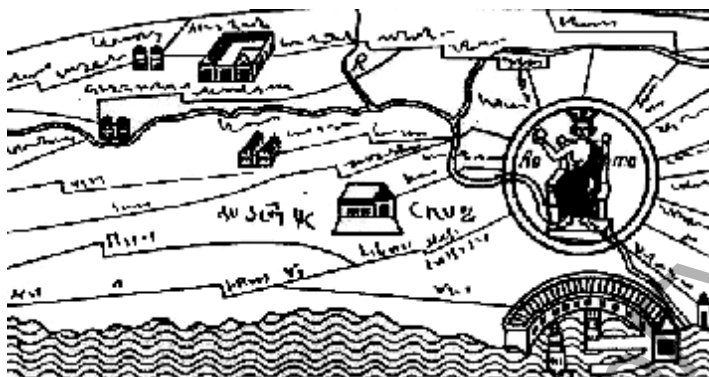


Рисунок 13 — Фрагмент дорожной карты

В начале XIV в. в картографии появился новый тип карт. Это были морские карты — *портоланы*, служившие навигационным целям; их создание стало возможным благодаря появлению в Европе магнитного компаса (рис. 14). Первоначально эти карты, украшенные схематическим изображением компаса и отличавшиеся исключительно подробной проработкой береговых линий, составлялись только для Средиземноморья.



Рисунок 14 — Карта-портолан Диего Хомема, 1559 г.

Вершиной средневековой картографии можно считать первый небольшой глобус, изготовленный М. Бехаймом в 1492 г. и показывающий мир таким, каким он представлялся перед открытием Америки.

Великие географические открытия европейцев во второй половине XV в. предоставили картографам эпохи Возрождения новый материал. В то же время ученые повторно открыли и перевели с древнегреческого работы Птолемея, распространение которых стало возможным благодаря книгопечатанию. Развитие печатного дела революционизировало картографию, сделав карты гораздо более доступными. В частности, в Нидерландах резко возросло производство карт. Центральную роль в этом процессе сыграл Г. Меркатор (1512—1594), который уточнил положение многих пунктов на карте мира, разработал картографические проекции и создал капитальный атлас, опубликованный уже после его смерти. Первым атласом в современном смысле было собрание карт, опубликованное фламандцем А. Ортелием под названием *Зрелище земного шара* (*Theatrum orbis terrarum*).

Новый толчок развитию картографии был дан в XVII в. в результате деятельности вновь образованных научных обществ, таких как Лондонское королевское общество или Королевская академия наук в Париже. Эти организации финансировали научные экспедиции, а также прилагали немало усилий для более точного определения формы Земли и местоположения отдельных пунктов, что способствовало значительному прогрессу картографии. Существенную роль в развитии топографической картографии сыграли изобретение теодолита, мензулы, барометра и маятниковых часов, а также разработка новых способов изображения (изолинии, штриховка и пр.). Современная топографическая съемка в масштабах целой страны была начата во Франции в XVIII в.

В XIX в. отмечаются заметные успехи в мелкомасштабном картографировании и особенно в развитии количественной картографии. В конце XIX в. немецкий географ А. Пенк выступил на Международном географическом конгрессе с предложением создания Международной карты мира. Этот проект удалось осуществить уже только в XX в.

В нашем столетии широко распространилось использование аэрофотоснимков. Представления о строении земной поверхности и форме Земли существенно обогатились благодаря наблюдениям с

искусственных спутников, с которых были получены материалы для картографирования и других небесных тел.

Совокупность показанных на карте элементов и объектов местности и сообщаемых о них сведений называется **содержанием карты**. От других способов передачи сведений о местности (фото-снимков, рисунков, текста и т. д.) карта отличается математическим законом построения, который выражается в использовании определенного масштаба, картографической проекции и включает переход от физической поверхности к математической; отбором и обобщением отображаемого содержания (генерализацией), которые обусловлены назначением карты, ее масштабом и особенностями картографируемой территории; изображением всех объектов и явлений с помощью условных обозначений. Существенными особенностями карты являются ее наглядность, измеримость и высокая информативность.

Под **наглядностью карты** понимают возможность зрительного восприятия пространственных форм, размеров и размещения изображенных объектов. Наиболее важное и существенное в содержании карты выделяют при ее создании на первый план, чтобы оно легко читалось. Карта создает таким образом наглядную зрительную модель картографируемой поверхности.

Измеримость — важное свойство карты, тесно связанное с математической основой, обеспечивающее возможность с точностью, допускаемой масштабом карты, определять координаты, размеры и размещение объектов местности, использовать карты при разработке и проведении различных мероприятий народнохозяйственного и оборонного значения, решении задач научно-технического характера. Измеримость карты характеризуется степенью соответствия местоположения точек на карте их местоположению на картографируемой поверхности.

Информативность карты — это ее способность содержать сведения об изображаемых объектах или явлениях. Ни один текстовый или графический материал не может обеспечить так быстро и с такой исчерпывающей подробностью, как карта, получение сведений о расположении и особенностях изображаемых объектов и явлений.

Все карты, изображающие поверхность Земли, в том числе моря и океаны, называются географическими картами. По своему со-

держанию они подразделяются на общегеографические и тематические. К общегеографическим картам относят географические карты, на которых отображается совокупность основных элементов местности без выделения каких-либо из них. Подробность изображения рельефа, гидрографии, растительного покрова, населенных пунктов, дорожной сети и других топографических элементов местности на общегеографических картах зависит от их масштаба.

К общегеографическим картам относят и топографические карты, которые представляют собой подробные карты местности, позволяющие определять как плановое, так и высотное положение точек на земной поверхности. Издаются топографические карты масштаба 1:1 000000 и крупнее. Они служат основой для составления общегеографических карт более мелкого масштаба.

К тематическим картам относят карты, основное содержание которых определяется отображаемой конкретной темой. На них с большей детальностью отображаются отдельные элементы местности или наносятся специальные данные, не показанные на общегеографических картах. Примером тематических карт могут служить обзорно-географические, геологические и другие типы карт. К тематическим относят и специальные карты. Они предназначаются для решения конкретных задач и для определенного круга потребителей. Их содержание имеет более узкую направленность. К специальным картам, создаваемым для войск, относятся дорожные, аэронавигационные и ряд других. Карты с данными о поверхности дна морей, океанов и других водоемов называются морскими навигационными картами.

Картографическая проекция — способ отображения сферической поверхности земного шара на плоскости.

На глобусе все параллели и меридианы пересекаются под прямыми углами. Проекция, в которой сохраняется это свойство, называется **конформной**, или **равноугольной**. В этом случае сохраняется форма площадных объектов, но относительные размеры меняются от места к месту.

При другом способе преобразования можно сохранить правильное соотношение площадей (соответствующее исходной поверхности земного шара), но в этих случаях наблюдается искажение углов пересечения меридианов и параллелей; прямые углы сохраняются лишь в ограниченной зоне.

Проекции, в которых сохраняется правильное соотношение площадей отдельных ячеек градусной сетки, называются **равновеликими**; для них характерно большее или меньшее нарушение подобия фигур. Правильная передача конфигурации объектов, как и правильная передача площадей, имеют большое значение, особенно если речь идет о мелкомасштабных обзорных картах. Однако обе эти характеристики не могут быть совмещены на одной и той же карте: не существует проекции, которая была бы одновременно равноугольной и равновеликой. Кроме того, очень важен правильный показ расстояний и направлений. До некоторой степени этого удастся достичь при использовании определенных проекций.

Картографические проекции можно классифицировать по виду вспомогательной геометрической поверхности, которая может быть использована при ее построении. Условно глобус с линиями параллелей и меридианов заключается в прозрачный цилиндр (рис. 15). При этом градусная сетка проектируется на поверхность цилиндра, который затем может быть развернут на плоскости. Цилиндр может быть касательным и соприкасаться с глобусом только по одной линии (например, экватора), а может быть сущим. В последнем случае поверхности шара и цилиндра будут совпадать по двум линиям (например, по 45° с. ш. и по 45° ю. ш.), и только по этим линиям в данной проекции сохраняется правильный масштаб.

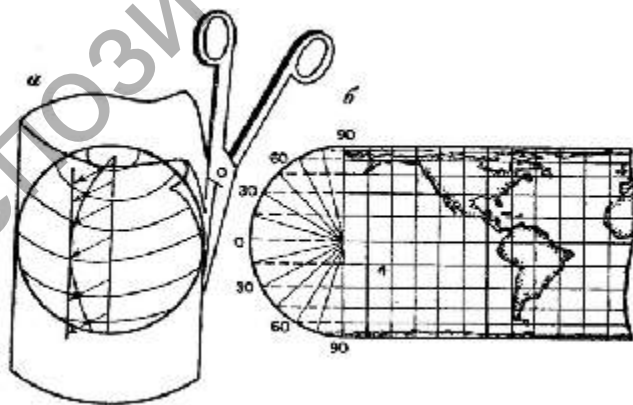


Рисунок 15 — Построение цилиндрической проекции

Одной из фигур, традиционно используемых в картографических проекциях, является конус. Линии, по которым эта фигура соприкасается с поверхностью, сохраняют правильный масштаб и являются стандартными параллелями (рис. 16).

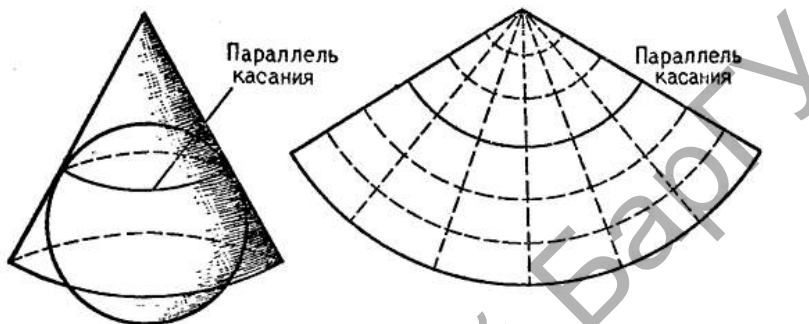


Рисунок 16 — Проекция на конус

Для уменьшения искажений можно использовать вместо одного конуса серию усеченных конусов; в этом случае будет достигнута правильная передача масштабов по ряду стандартных параллелей.

Преобразование градусной сетки при построении проекции носит название **азимутальной проекции**; в ней истинный масштаб сохраняется только в точке касания или на линии пересечения плоскости и сферы (рис. 17).

В соответствии с геометрическими фигурами, используемыми при построении рассмотренных проекций, последние получили название цилиндрических (или прямоугольных), конических и азимутальных. Помимо указанных, возможны и другие произвольные преобразования градусной сетки, не сводимые к этим простым геометрическим формам, но имеющие математическое обоснование. Задачей картографии является выбор проекции, максимально соответствующей задачам той или иной карты.

Отличительной чертой *стереографической проекции* является то, что все объекты, представляющие собой круги на земной поверхности, изображаются на карте также в виде кругов или, в некоторых особых случаях, в виде прямых линий. Именно благодаря этому свойству стереографическая проекция широко используется сейчас.

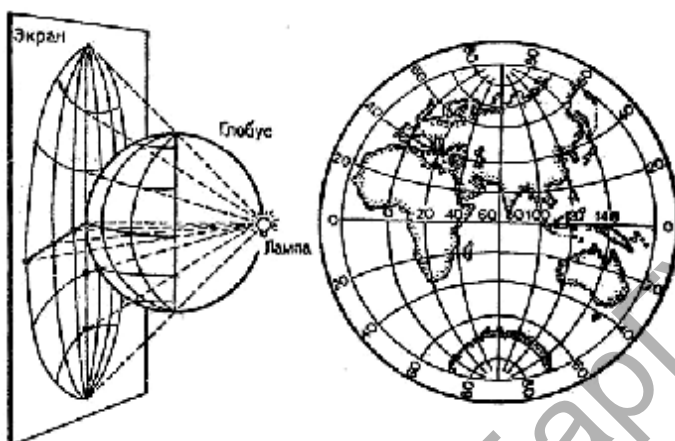


Рисунок 17 — Схема получения азимутальной проекции

Проекция Меркатора является равноугольной. Любая прямая линия, пересекающая все меридианы под одинаковым углом на земной поверхности, передается в этой проекции прямой линией, которая называется **локсодромией**. Это свойство делает проекцию Меркатора весьма удобной для навигационных карт.

Синусоидальная проекция имеет определенный дефект — оба полюса на ней располагаются на выступах, а прилежащие к ним области оказываются существенно деформированными. На других картах мира, использующих равновеликие проекции, полюсы изображаются в виде прямой линии различной длины (в цилиндрических проекциях она равна экватору, в проекции Эккерта IV — половине длины экватора, в плоской полярной — одной трети экватора), или даже в виде дуги (проекция Мольвейде). Характеристика некоторых проекций приведена в таблице 2.

Одна из наиболее удобных проекций — *гномоническая* — уникальна в том отношении, что любой большой круг сферы (и дуга большого круга) изображается в ней прямой линией. Так как дуги больших кругов являются линиями кратчайших расстояний на карте, то по карте мелкого масштаба, составленной в такой проекции, можно легко находить (по линейке) кратчайшие пути между двумя пунктами; однако необходимо иметь в виду, что дуга большого круга не соответствует постоянному направлению, измеренному по

Т а б л и ц а 2 — Картографические проекции

| Проекция и свойства | Время разработки | Геометрическая основа | Область применения |
|--------------------------------------|------------------|-----------------------------|---|
| Гномоническая | V в. до н. э. | Азимутальная | Навигация; прокладка курса |
| Стереографическая (равноугольная) | 130 г. до н. э. | Азимутальная | Изображение радикально распространяющихся явлений (например, радиоволн) |
| Меркатора (равноугольная) | 1569 г. | Цилиндрическая | Навигация; морские карты |
| Синусоидальная (равноплощадная) | 1650 г. | Произвольная | Карты мира (особенно подходят для низких широт) |
| Бонна (равноплощадная) | 1752 г. | Коническая (видоизмененная) | Топографические карты (особенно подходят для средних широт) |
| Ламберта (равноугольная) | 1772 г. | Коническая | Аэронавигационные карты (особенно подходят для средних широт) |
| Мольвейде (равноплощадная) | 1805 г. | Произвольная | Карты мира; в полярных областях искажения меньше, чем в синусоидальной |
| Поликоническая | 1820 г. | Коническая с изменениями | Карты крупного и среднего масштабов |
| Равновеликая (разработана Дж. Гудом) | 1923 г. | Произвольная | Карты мира |

компасу. В гномонической проекции изображение может быть спроектировано на плоскость, касательную к поверхности шара в любой точке, например на полюсе или на экваторе, однако территориальный охват таких карт весьма ограничен.

Равновеликая проекция Бонна более подходит для изображения площадей, вытянутых в меридиональном направлении. Если же картографируемая территория вытянута по широте, то для нее предпочтительна *равноугольная коническая проекция Ламберта* (рис. 18).



Рисунок 18 — Карта полушарий в равновеликой проекции Ламберта

Поликоническая проекция не является ни равноугольной, ни равновеликой, однако для небольших площадей она дает незначительные искажения; именно в такой проекции составляется Международная карта мира. Разрывы возникают в том случае, если выбирается не один средний (прямолинейный) меридиан, а несколько, и при каждом из них строится часть градусной сетки. Крайним случаем является изображение всей поверхности земного шара в виде сегментов глобуса. На картах в этой проекции используется также

«сжатое» изображение; сжатие достигается за счет того, что части изображения, не нужные для данной карты (например, водные пространства для карты почвенного покрова), «вырезаются», а остающиеся сводятся вместе; это дает возможность использовать более крупный масштаб при сохранении той же площади листа.

Масштаб. Масштаб карты бывает численным (отношение чисел или дробь, например, 1:25 000 или $\frac{1}{25\,000}$); словесным или линейным (графическим). В приведенном примере единица длины на карте соответствует 25 000 таких единиц на местности. Это же соотношение может быть выражено словами: «1 см равен 250 м» или, еще короче: «в 1 см 250 м».

В некоторых странах (США, Великобритании и др.), традиционно использующих неметрические меры длины, масштаб выражается в дюймах, футах и милях, например, 1:63 360 или «в 1 дюйме 1 миля». Линейный масштаб изображается в виде линии с нанесенными через определенные интервалы делениями, против которых обозначены соответствующие им расстояния на земной поверхности.

Графическое представление масштаба имеет определенные преимущества перед двумя другими способами его выражения. В частности, если размер карты изменяется при копировании или проекции ее на экран, то только графический масштаб, подвергаясь изменениям вместе со всей картой, остается правильным. Иногда в дополнение к масштабу длин используется также масштаб площадей. На глобусах может использоваться любое из приведенных выше обозначений масштаба.

Прямые линии на карте измеряют обычно линейкой. Извилистые и ломаные линии измеряют по частям, циркулем — измерителем. Для этого устанавливают по линейке или линейному масштабу раствор циркуля, соответствующий какому-нибудь целому числу километров или сотен метров, и таким «шагом» проходят вдоль измеряемой линии, ведя счет перестановок ножек (рис. 19).

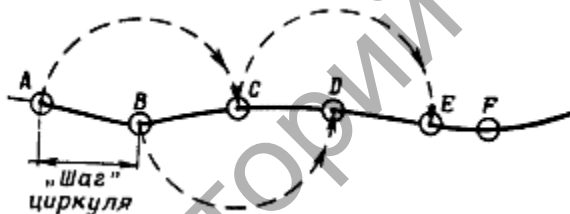


Рисунок 19 — Измерение линий «шагом» циркуля

Величину «шага» выбирают в зависимости от извилистости линий: от 4—5 см — при измерении кривых с плавными закруглениями до 1—2 см — при измерении линий с большим числом резких поворотов.

Для измерения кривых и извилистых линий используют также специальный прибор — *курвиметр* (рис. 20). Механизм этого прибора состоит из измерительного колесика, соединенного системой зубчатых передач со стрелкой, которая движется по циферблату. При движении колесика вдоль измеряемой по карте линии стрелка передвигается по циферблату и указывает пройденное колесиком расстояние в сантиметрах. Для измерения расстояния следует предварительно вращением колесика установить стрелку курви-

метра в начальное положение, т. е. на отсчет «0», а затем прокатить его вдоль измеряемой линии, следя за тем, чтобы стрелка двигалась по циферблату в направлении чисел 10, 20, 30 и т. д. Умножив величину масштаба карты на показания стрелки курвиметра, получают расстояние на местности. Для более точного измерения и откладывания расстояний по карте, например, при подготовке к ориентированию на местности с помощью навигационной аппаратуры, применяют *поперечный масштаб* — специальный график, награвированный на металлической линейке и выполненный под карту масштаба 1:50 000, так как цифры указывают непосредственно расстояния на местности в километрах, сотнях и десятках метров соответственно.



Рисунок 20 —
Курвиметр

Измеренное по карте расстояние получается всегда несколько короче действительного. Одна из причин этого состоит в том, что по карте измеряются горизонтальные проложения, в то время как соответствующие им линии на местности наклонные, т. е. длиннее своих горизонтальных проложений.

Длина маршрута, измеренная по карте, бывает короче действительной не только вследствие влияния рассмотренной выше причины, но и потому, что в масштабе карты не всегда возможно изобразить все извилины дорог. При составлении карт дороги, как правило, спрямляются, и тем больше, чем мельче масштаб карты. Это особенно заметно на картах горной и холмистой местности.

Условные знаки. К элементам географической основы относят изображение береговой линии, водотоков, политических границ и т. д., создающие основу, на фоне которой показывают пространственное распространение отображаемого явления. При составлении карт используется множество условных знаков (приложение А).

Условные знаки топографических карт — система графических, буквенных и цифровых обозначений, с помощью которых показывается на карте местоположение объектов местности, и передаются их качественные и количественные характеристики (см. приложение А).

Условные знаки, изображающие одни и те же объекты, на картах масштаба 1:25 000—1:2 00000 по своему начертанию почти одинаковые и отличаются только размерами.

Условные знаки подразделяются на масштабные, немасштабные и пояснительные.

Масштабные (контурные) условные знаки состоят из контура (внешнего очертания объекта), изображаемого сплошной линией или пунктиром, внутри которого значками, цветом или штриховкой обозначается характер объекта.

Линейные условные знаки (разновидность масштабных условных знаков) применяются при изображении объектов линейного характера — дорог, линий электропередачи, границ и т. п. Местоположение и плановое очертание оси линейного объекта изображаются на карте точно, но их ширина значительно преувеличивается. Например, условный знак шоссе на картах масштаба 1:100 000 преувеличивает ее ширину в 8—10 раз.

В немасштабные условные знаки используются при изображении объектов, плановое очертание которых не может быть передано в масштабе карты. Местоположение таких объектов определяется главной точкой условного знака. Главными точками могут быть: геометрический центр фигуры, середина основания знака, вершина прямого угла или геометрический центр нижней фигуры.

Пояснительные условные знаки применяются для дополнительной характеристики объектов местности, например, стрелка на реке обозначает направление течения и т. п.

Условные знаки сконцентрированы в легенде карты. Цель легенды — информировать читателя о значении использованных на карте условных знаков.

Для оформления карты используется один из стандартных шрифтов, наиболее подходящий к характеру изображаемых объектов. Некоторые типы шрифтов традиционно употребляются для определенных групп объектов, например, реки, озера, моря обычно надписываются курсивом, а элементы рельефа суши обозначаются прямым шрифтом. Размер букв зависит от значительности (или размеров) объекта. Расстояния между буквами и словами в названиях могут варьировать в широких пределах в зависимости от площади или протяженности данного объекта на карте.

Шрифтовое оформление карты включает заголовок, в котором находят отражение содержание карты и территория, к которой она относится; для этого используется самый крупный шрифт. Особое место занимают географические названия, отбор и количество которых зависят от назначения карты (например, план города содержит множество названий улиц, а карты растительности — лишь немного самых необходимых названий). Принято указывать издающую организацию, год издания, использованные источники.

Ориентирование карты по отношению к странам света определяется линиями картографической сетки в пределах рамки карты и представляет собой существенный элемент ее компоновки. В Средние века, как в Европе, так и в арабских странах, карты вычерчивались таким образом, что восток располагался наверху (сам термин «ориентирование» происходит от лат. слова *oriens* — восток). В современных картах север обычно располагается наверху карты, хотя иногда допускаются и отклонения от этого правила. Чтение карты, особенно в полевых условиях, существенно облегчается ее правильным ориентированием относительно объектов и направлений на местности. Для обозначения стран света на карте иногда изображаются румбы компаса, но чаще — просто стрелка, указывающая на север.

Изображение рельефа на топографических картах дает полное и достаточно подробное представление о неровностях земной поверхности, их форме и взаимном расположении, превышениях и абсолютных высотах точек местности, преобладающей крутизне и протяженности скатов. На современных топографических картах рельеф изображается горизонталями в сочетании с условными знаками обрывов, скал, оврагов, промоин, осыпей, оползней и т. д. Изображение рельефа дополняется подписями абсолютных высот характерных точек местности, горизонталей, размеров отдельных форм рельефа и указателями направления скатов.

Горизонталь — замкнутая линия, изображающая на карте горизонтальный контур неровностей, все точки которого на местности расположены на одной высоте над уровнем моря. Горизонталь можно представить как линии, полученные в результате сечения местности уровнями поверхностями, то есть поверхностями, параллельными уровню воды в океанах.

Рассмотрим сущность изображения рельефа горизонталями.

На рисунке 21 изображен остров с вершинами *A* и *B* и береговой линией *D, E, F*. Замкнутая кривая *d e f* представляет собой изображение береговой линии в плане. Поскольку береговая линия является сечением острова уроненной поверхностью океана, изображение этой линии на карте представляет собой нулевую горизонталь, все точки которой имеют высоту, равную нулю. Допустим, что уровень океана поднялся на высоту h , тогда образуется новое сечение острова воображаемой сущей плоскостью $h-h$. Проектируя это сечение с помощью отвесных линий, получим на карте изображение первой горизонтали, все точки которой имеют высоту h . Точно так же можно получить на карте изображение и других сечений, выполненных на высотах $2h, 3h, 4h$ и т. д. В результате на карте будет иметь место изображение рельефа острова горизонталями. При этом рельеф острова изображается тремя горизонталями, охватывающими остров целиком, и двумя горизонталями, охватывающими отдельно каждую из вершин. Вершина *A* несколько выше $4h$, а вершина *B* несколько выше $3h$ относительно уровня океана. Скаты возвышенности *A* круче, чем скаты возвышенности *B*, поэтому в первом случае горизонтали на карте расположены ближе друг к другу, чем во втором. Из рисунка видно, что способ изображения рельефа горизонталями позволяет правильно не только отображать формы рельефа, но и определять высоты отдельных точек земной поверхности по высоте сечения рельефа и крутизне скатов.

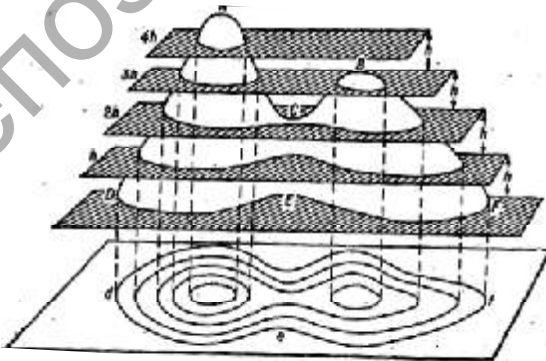


Рисунок 21 — Построение рельефа

Высота сечения рельефа — разность высот двух смежных суши-
щих поверхностей. На карте она выражается разностью высот двух
смежных горизонталей. В пределах листа карты высота сечения
рельефа, как правило, является постоянной. На рисунке 22 показан
вертикальный разрез (профиль) ската.

Через точки *M*, *N*, *O* проведены уровенные поверхности на расстоя-
нии друг от друга, равном высоте сечения *L*. Пересекая поверхность

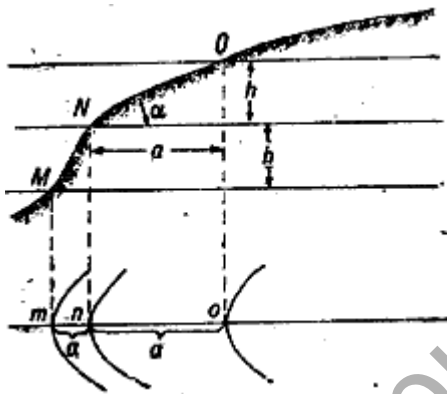


Рисунок 22 — Профиль ската

ската, они образуют кривые
линии, ортогональные проек-
ции которых в виде трех гори-
зонталей показаны в нижней
части рисунка. Расстояния *mn*
и *no* между горизонталями
являются проекциями отрезков
MN и *NO* ската.

Эти проекции называются
заложениями горизонталей.

Абсолютную высоту какой-
либо точки местности, отметка
которой на карте не подписа-
на, определяют по отметке
ближайшей к ней горизон-
тали.

Поэтому необходимо уметь определять отметки горизонталей,
используя отметки других горизонталей и характерных точек мест-
ности, подписанных на карте. Например, отметку горизонтали *a*
(рис. 23) можно определить по отметке высоты 197,4 и высоте се-
чения рельефа 10 м. Отметка горизонтали *a* равна 190 м. Зная от-
метку горизонтали *a*, можно легко определить отметки всех других
горизонталей. Так, горизонталь *b* будет иметь отметку 160 м, так
как она расположена ниже горизонтали *a* на величину, равную
трем высотам сечения рельефа (30 м). В случае когда точка распо-
ложена между горизонталями, находят высоту ближайшей к ней
горизонталю и к полученной высоте прибавляют превышение дан-
ной точки над горизонталью, определенное на глаз. Например,
мельница, обозначение которой находится между горизонталями,
имеет абсолютную высоту 162 м.

Определение взаимного превышения точек заключается в установлении величины, указывающей, насколько одна точка выше или ниже другой. При расположении точек на одной горизонтали их взаимное превышение равно нулю, так как их высоты одинаковы. Если определяемые точки совпадают с точками, высоты которых подписаны на карте, их взаимное превышение равно разности этих высот. В случае, когда точки расположены на одном скате или на разных скатах близко друг к другу, подсчитывают число промежутков между горизонталями и к целому числу добавляют их доли, которые оценивают на глаз. Полученное число умножают на высоту сечения рельефа и таким образом получают взаимное превышение указанных точек. Когда точки расположены на значительном расстоянии друг от друга, определяют их абсолютные высоты. Разность этих высот и будет взаимным превышением точек.

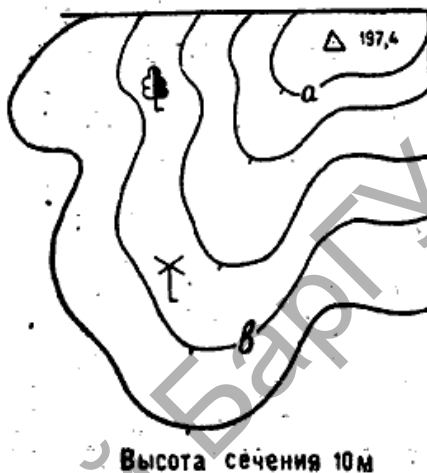


Рисунок 23 — Определение отметки горизонтали по отметке точки

Озера и водохранилища на картах масштабов 1:25 000—1:100 000 отображают, если их площадь составляет 1 мм² и более в масштабе карты. Пресные озера независимо от размера обязательно отображают на картах, создаваемых на засушливые и безводные районы.

Река представляет собой водный поток, текущий в естественном русле и питающийся за счет поверхностного и подземного стоков своего бассейна. Берега рек бывают высокими или низкими, а дно твердым (песчаным, галечниковым, каменистым) или вязким (глинистым, илистым, торфяным).

Речная сеть характеризуется густотой, т. е. отношением суммарной длины всех рек к площади их бассейна. Она может быть редкой (менее 0,2 км / км²), средней (0,2—0,4 км / км²), густой (0,4 — 0,7 км / км²) и очень густой (более 0,7 км / км²).

По ширине реки подразделяются на узкие (до 60 м), средние (от 60 до 150 м) и широкие или крупные (свыше 150 м), по длине — на малые (до 100 км), средние (100—500 км) и большие (свыше 500 км). Глубина реки определяет возможность преодоления ее вброд и применения различных плавающих средств. Признаками для определения местонахождения брода могут быть: расширение реки на ее прямом участке, дороги и тропы, подходящие к реке, рябь на поверхности воды (на перекатах).

Важной характеристикой рек является скорость течения воды.

На картах отображают подробно характер и относительную густоту речной сети, точное положение русел, четко выделяют главные реки, показывают связь речной сети с другими элементами местности. Все реки изображают в одну или две линии в зависимости от их ширины.

Каналы (действующие и строящиеся) и канавы изображают на картах в одну или две линии в зависимости от их ширины. Оросительные каналы и осушительные канавы на картах изображают, как правило, все с сохранением их прямолинейности и четкости углов поворота, с отображением основных направлений и относительной густоты.

Изображение рек, каналов и канав с постоянным водотоком сопровождается стрелкой, указывающей направление течения воды. На картах указывают поверхностную скорость течения воды в реках, изображаемых в две линии. На картах показывают отметки урезов воды рек, озер, водохранилищ и других водоемов.

Броды через реки шириной 5 м и более изображаются на картах масштабов 1:25 000—1:100 000, как правило все. Их изображения сопровождаются подписью *бр.* и характеристикой с указанием наибольшей глубины реки по линии переправы, длины брода, характера грунта дна и величины поверхностной скорости течения. Броды через реки шириной менее 5 м обозначаются только подписью *бр.* На карте масштаба 1:200 000 характеристику брода подписывают у обозначений бродов через реки шириной 10 м и более.

На картах изображают, как правило, все паромные переправы. Их обозначения сопровождаются подписью *пар.* с указанием ширины реки, размеров парома и его грузоподъемности. Перевозы изображают только постоянные.

Плотины при изображении на картах подразделяют на надводные (проезжие и непроезжие) и подводные. Изображения крупных надводных плотин (длиной более 100 м и важных плотин меньшей длины) сопровождаются подписью, в которой указывают материал сооружения, длину и ширину плотины, а также отметки верхнего и нижнего уровней воды.

При изображении растительности на картах ее делят на следующие группы: древесную (леса, рощи и отдельные деревья) и кустарниковую; полукустарниковую травянистую, моховую и лишайниковую; искусственные насаждения (сады, парки, плантации). **Лесом** называется совокупность деревьев высотой более 4 м с сомкнутостью крон свыше 0,2 (сомкнутость крон — отношение площади проекций крон всех деревьев участка на поверхность земли к площади участка). Совокупность деревьев с сомкнутостью крон менее 0,2 называется **редколесьем**.

Состав леса определяется количеством деревьев различных пород в общем числе стволов древостоя, выраженным в процентах. Лес, в котором не менее 80% деревьев принадлежит к одной породе, называется **чистым**. Породы, на которые приходится не более 20% деревьев, называются **примесями**. По составу пород леса подразделяются на хвойные, лиственные и смешанные. Состав пород оказывает определяющее влияние на его высоту, густоту, сомкнутость крон. Возраст леса, высота и толщина деревьев взаимно связаны. Толщину деревьев принято измерять на уровне груди человека.

По форме различают одноярусные леса, не имеющие подлеска, и многоярусные, в которых кроны деревьев и кустарники образуют два, три яруса и более.

Густота леса характеризуется средним расстоянием между деревьями и сомкнутостью их крон.

Кустарники — древесные растения высотой до 4 м с несколькими стволами. Основными характеристиками кустарников являются состав пород, высота и густота. Кустарничками обычно называют низкорослые кустарники высотой до 0,8 м. Они широко распространены на болотах (черника, брусника).

Травянистая растительность в зависимости от места произрастания подразделяется на луговую и степную, а в зависимости от высо-

ты — на низкотравную (ниже 1 м) и высокотравную (выше 1 м). Моховая и лишайниковая растительность встречается на болотах, в лесах.

К культурной растительности относятся многочисленные искусственные посадки и посевы культурных растений (фруктовых садов, плодоягодных кустарников, полевых и огородных культур).

Леса площадью 10 мм^2 и более в масштабе карты в лесной местности и 4 мм^2 и более в слабозалесенной отображаются на картах зеленой краской.

Низкорослые (карликовые) леса, поросль леса, лесные питомники и молодые посадки леса при их площади 10 мм^2 и более в масштабе карты выделяются своими условными знаками с зеленой фоновой окраской более светлого тона. Участки редкого, вырубленного, горелого и сухостойного леса, расположенные среди лесных массивов, выделяются своими условными знаками без закраски при их площади 25 мм^2 и более в масштабе карты, а расположенные на открытой местности и являющиеся ориентирами и при меньшей их площади.

Буреломы, т. е. участки леса, на которых повалено более половины деревьев, находящиеся среди лесных массивов при площади их 25 мм^2 и более в масштабе карты, а на открытой местности — при площади 10 мм^2 и более, выделяются зеленой краской светлого тона. Если на участке повалено менее половины деревьев и лес в этом месте стал труднопроходимым, то на изображении такого участка ставят штрихи знака бурелома. Отдельно стоящие деревья, имеющие значение ориентиров, изображают соответствующими условными знаками с делением на хвойные и лиственные.

Леса, низкорослые (карликовые) леса, лесные питомники и молодые посадки при изображении на картах подразделяют на хвойные, лиственные и смешанные. Преобладающие породы деревьев указывают принятыми сокращенными подписями, а если условные сокращенные подписи для них не предусмотрены, подписывают полностью. При изображении смешанного леса указывают две основные породы, причем обозначение и подпись преобладающей породы даются на первом месте.

Просеки на картах изображают, как правило, все. Проси шириной 20 м и более, 40 м и более, 60 м и более соответственно на картах масштабов 1:25 000, 1:50 000 и 1:100 000 изображают двумя

прерывистыми тонкими линиями в соответствии с их действительной шириной в масштабе карты. Изображения просек сопровождаются подписями их ширины в метрах. Для облегчения ориентирования в лесу на картах подписывают номера лесных кварталов, которые нанесены на кварталных столбах, установленных в местах пересечения просек.

Кустарники при изображении на картах подразделяют на сплошные заросли и отдельные кусты или группы кустов. Своими условными знаками выделяют сплошные заросли колючих кустарников, сплошные заросли и отдельные группы стланика и саксаула, а также узкие полосы кустарников и живые изгороди

Участки травянистой, кустарничковой, моховой и лишайниковой растительности изображают на карте масштаба 1:25 000 при их площади 25 мм² и более в масштабе карты. Отдельные участки такой растительности, имеющие значение ориентиров, изображают при их площади 10 мм² и более.

Фруктовые сады и плантации древесных культур вне населенных пунктов показывают контуром.

Болота на картах показывают синей горизонтальной штриховкой. При этом их делят по степени проходимости для пешеходов на проходимые, труднопроходимые и непроходимые. Проходимыми изображают болота, по которым летом в любом направлении возможно движение пешеходов. К ним относятся моховые болота с плотным торфом на поверхности или под небольшим (0,3—0,4 м) слоем воды, покрытые обычно травянистой растительностью, а также болота со сплошным моховым покровом и большим количеством кустарников (багульника, вереска, голубики и др.). Труднопроходимыми считают болота, по которым возможно движение пешеходов с большими трудностями (вязнут ноги, след быстро заполняется водой). К ним относятся болота с большим количеством мочажин, участками с открытой водой, рыхлым слоем торфа при большом количестве осоки и пушицы, плавни, заросшие камышом и тростником, кочковатые болота с березой или ольхой, не имеющие сплошного травяного покрова. Непроходимыми считают глубокие топкие болота, по которым движение пешеходов практически невозможно. К ним относятся сплавинные и топяные болота, а также болота с вязким грунтом, покрытые в течение лета значитель-

ным слоем воды. На изображении болот показывают растительный покров: травянистый, моховой, камышовый и тростниковый. Различные по степени проходимости и растительному покрову болота на картах контурами не разделяют. На картах болота изображают при их площади 25 мм² и более в масштабе карты. Труднопроходимые и непроходимые болота, а также проходимые болота, имеющие значение ориентиров, изображают на картах и при меньшей их площади. Болота глубиной от 0,5 до 2 м сопровождают подписью глубины до десятых долей метра. Если болото имеет глубину более 2 м, дается подпись «Глубже 2 м». Место измерения глубины болота обозначают стрелкой.

Автомобильные дороги могут быть с покрытием (автострады, усовершенствованные шоссе и шоссе) и без покрытия (улучшенные грунтовые дороги).

Тип покрытия определяет прочность дороги и срок ее службы. Основными типами покрытия являются асфальтобетонное, брусчатое, гравийное, щебенчатое и булыжниковое.

Изображения автострад и шоссеиных дорог сопровождаются подписью их характеристик: ширины проезжей части (для автострад — ширины одной полосы и количества полос), ширины земляного полотна (для шоссеиных дорог) и материала покрытия (А — асфальт, Б — булыжник, Г — гравий, Ц — цементобетон, Щ — щебень и т. д.).

Железные дороги при изображении на картах подразделяют: по ширине колеи на ширококолейные (1 435 мм и более, в Беларуси — 1 524 мм) и узкоколейные (менее 1 435 мм); по числу путей на однопутные, двухпутные, трехпутные; по виду тяги на электрифицированные и пр. (с дизельной или паровой тягой); по состоянию на действующие, строящиеся и разобранные.

Железнодорожные станции, разъезды, платформы и остановочные пункты, не выражающиеся в масштабе карты, независимо от их класса показывают одним условным знаком. При изображении железнодорожных станций, выражающихся в масштабе карты, показывают депо, вокзалы, станционные пути, поворотные круги, пешеходные мостики через станционные пути и другие объекты. Обозначения депо, вокзалов обычно сопровождаются подписями *депо*, *вкз*. Собственные названия станций, разъездов, платформ и остановочных пунктов, расположенных вне населенных пунктов,

на картах подписывают, как правило, все. При их расположении в одноименных населенных пунктах или вблизи них названия не подписывают, а подписи названий населенных пунктов (за исключением городов) подчеркивают тонкими линиями. Названия станций, расположенных не в одноименных населенных пунктах, подписывают. Условные знаки разъездов, платформ и остановочных пунктов на картах сопровождаются подписью *раз., пл., ост. п.*

В зависимости от характера производственной деятельности населения и числа жителей населенные пункты подразделяют на города, поселки городского типа, поселки при промышленных предприятиях, железнодорожные станции, поселки сельского и дачного типа. Наиболее важное значение имеют города: крупные — более 100 тыс. жителей, средние — от 50 до 100 тыс. жителей и малые — менее 50 тыс. жителей.

Основными показателями города, оказывающими влияние на боевые действия войск, являются площадь и конфигурация городской территории, особенности местности в черте города и на подступах к нему, характер планировки, плотность застройки, наличие подземных сооружений.

Политико-административное значение населенных пунктов отображают на картах выделением столиц государств, административных центров и населенных пунктов, в которых расположены местные органы власти. Столицы и административные центры выделяют начертанием и размером шрифтов подписи их названий. Районные центры и центры поселковых и сельских Советов выделяют условными сокращенными подписями, помещаемыми под их названиями (РС — районный совет, ПС — поселковый совет, СС — сельский совет).

Вопросы для самоконтроля

1. Что произошло в результате Большого взрыва?
2. Как ученые объясняют происхождение Вселенной?
3. Какие существуют виды галактик?
4. Приведите схему галактики Млечного Пути. Отметьте место в ней Солнечной системы.
5. Какие два химических элемента особенно распространены в космосе?
6. Какие планеты входят в состав Солнечной системы?

7. Чем планеты внешней группы отличаются от внутренней?
8. Кто впервые доказал шарообразность Земли?
9. Каково значение шарообразности Земли для ее географической оболочки?
10. Какие три основные положения лежали в основе системы мира К. Птолемея?
11. В чем заключаются заслуги Галилея в развитии представлений о строении Солнечной системы?
12. Сколько раз в течение года можно увидеть все фазы Луны?
13. Как действуют силы Кориолиса?
14. Дайте характеристику поясов освещенности.
15. Дайте определение понятия «сетка координат»?
16. Поясните особенность применения масштабных и немасштабных условных знаков.

Внутреннее строение Земли

Земля на ранних этапах формирования представляла собой холодное космическое тело, содержащее все известные в природе химические элементы. Атмосферы и гидросферы тогда не существовало, поверхность планеты была совершенно безжизненна. Но постепенно за счет гравитационных сил, энергии распада радиоактивных элементов и лунных приливов недра Земли стали разогреваться. Когда температура недр достигла уровня плавления окислов железа и других соединений, начались активные процессы формирования ядра и основных оболочек планеты.

Общим процессом формирования оболочек Земли, согласно гипотезе академика А. П. Виноградова, было зонное плавление в мантии, располагающейся вокруг ядра. При этом тугоплавкие и тяжелые элементы погружались вниз, образуя и наращивая ядро, а легкоплавкие и легкие по массе элементы поднимались вверх, образуя литосферу и земную кору.

Установить внутреннее строение Земли удалось сейсмическим методом исследования (от греч. *сейсмос* — трясение, колебание). Суть этого метода состоит в том, что при взрыве колебания в Земле идут с разной скоростью в зависимости от состава и плотности горных пород. Таким образом, было установлено, что у Земли есть внутренние твердые оболочки — земная кора, мантия и ядро.

Верхняя оболочка Земли — *земная кора* — самая неоднородная и сложно устроенная. Так, под материками земная кора состоит из трех слоев: верхний — осадочный, средний — гранитный, нижний — базальтовый. Названия «гранитный» и «базальтовый» слои даны им не за их минеральный состав, а потому что скорость прохождения волн в этих слоях соответствует скорости сейсмических волн в базальте и граните. Континентальная кора (под материками) имеет мощность от 20—25 км под островами до 80 км в районах молодых

складчатых поясов Земли, например под Андами в Южной Америке или в Евразии под Альпийско-Гималайским поясом. В среднем толщина, или мощность, земной коры составляет около 40 км. Осадочный слой в разных участках имеет разную мощность. На древних участках суши, где гранитный слой выходит на поверхность, осадочный чехол отсутствует вообще. Средняя же мощность занимает от 1,5 до 3 км. Осадки в основном представлены глинами, песками и известняками.

Под океанами осадочный слой имеет толщину лишь около 0,5 км, и только в районах крупных дельт его мощность возрастает до 10—12 км, иногда до 15 км. Гранитный слой под океанами, как правило, отсутствует. Базальтовый слой под океанами имеет мощность около 5 км.

Земная кора ограничивается снизу очень четкой поверхностью скачка скоростей сейсмических волн, впервые установленной югославским геофизиком А. Мохоровича в 1909 г. и получившей его имя: поверхность Мохоровича, или Мохо, или, совсем кратко, поверхность М. (рис. 24).



Рисунок 24 — Строение земной коры

Мантия — оболочка Земли, в которой вещество, ее составляющее, находится в пластическом состоянии (как густая паста). Но оно неоднородно и простирается от земной коры до глубины 2 900 км,

где она граничит с ядром, находящимся в середине Земли. Мантия состоит из трех слоев. Верхние два слоя, образующие верхнюю мантию, имеют толщину 850—900 км, нижний слой мантии — 2 000 км.

Верхнюю часть мантии, залегающую непосредственно под земной корой, называют субстратом. Земная кора вместе с верхней частью мантии образует *литосферу* (от греч. *литос* — камень). Таким образом, в строении литосферы принимают участие земная кора и подстилающая ее, имеющая кристаллическое строение, верхняя часть мантии. Эти две составляющие определяют строение, и структурные особенности литосферы.

Поверхность земной коры испытывает воздействие тектонических движений, выветривания и осадконакопления.

Тектонические движения формируют рельеф поверхности Земли, создают горноскладчатые структуры, впадины, а процесс выветривания стремится эти неровности выровнять.

Ядро Земли состоит из внешней и внутренней оболочек. Предполагают, что с глубины 2 900 км до глубины 5 100 км находится внешнее ядро, по своему физическому состоянию приближающееся к жидкости, т. е. вещество ядра находится в расплавленном состоянии, что подтверждается данными о прохождении продольных волн в этой зоне. Оставшиеся до центра Земли 1 270 км составляют внутреннее ядро — субъядро. Его считают твердым. Эксперименты, поставленные в лаборатории, показали, что свойствами субъядра может обладать вещество, состоящее на 80% из железа и на 20% из диоксида кремния. Температура, согласно расчетным данным, во внутреннем ядре составляет несколько тысяч градусов по Цельсию (4 000—5 000°C).

Тепловой режим Земли складывается из двух видов: внешней теплоты, получаемой в виде солнечной радиации, и внутренней, зарождающейся в недрах планеты. Солнце дает Земле огромное количество тепловой энергии, равной $1,29^{\circ} \cdot 10^{24}$. Разные участки земного шара получают неодинаковое количество тепловой энергии: области, расположенные вблизи экватора и тропиков, — больше, а области умеренных широт и ближние к полюсам — меньше. Солнечная энергия обычно не проникает глубже 10—12 км в толщу земной коры.

С глубиной в недрах Земли увеличивается роль внутренней энергии. На некоторой глубине от поверхности Земли располагается пояс постоянной температуры (нейтральная зона), где не наблюдаются ее изменения в течение суточных и сезонных колебаний, происходящих на поверхности планеты. В разных районах земного шара пояс располагается на разных глубинах: на экваторе — на глубине всего 1—2 м от поверхности Земли, в других местах — ниже 40 м; в Париже в подвале астрономической обсерватории на глубине 28 м термометр уже более 100 лет показывает температуру 11,8°С.

Ниже пояса постоянной температуры закономерно ее повышение. Количество метров, на которое надо опуститься ниже «нейтральной зоны», чтобы температура повысилась на 1°С, называется **геотермической ступенью**. Количество градусов, на которые повышается температура при углублении на каждые 100 м ниже «нейтральной зоны», называется геотермическим градиентом.

Замеры температуры в глубине буровых скважин показали, что нарастание ее в разных районах происходит по-разному, т. е. геотермическая ступень не всюду одинакова. Она зависит от состава горных пород, деятельности теплых источников и теплоты, поступающей из недр Земли. В разных районах земного шара температура измерялась в буровых скважинах и шахтах на больших глубинах. В Южной Африке, в Трансваале, в шахте на глубине 2 289 м температура достигала 40°С. В Москве на глубине 1 630 м температура составляет 41°С, а в Ташкенте на глубине 900 м — 55°С. В некоторых скважинах глубиной до 3 км и более, температура достигает более 100°С.

Знание величины гипотермической ступени и геотермического градиента имеет большое практическое значение. В связи с прокладкой глубоких шахт при добыче полезных ископаемых необходимо заранее знать, какую температуру следует ожидать на требуемой глубине.

Вокруг земного шара имеется магнитное поле (рис. 25). По предположению ученых, магнитное поле связано с плотным, богатым железом ядром Земли. Являясь большим магнитом, Земля, как всякий магнит, имеет ось и два полюса: северный и южный. Действие магнитного поля наиболее наглядно проявляется на магнитной стрелке, которая в любой точке земного шара занимает строго определенное место — стрелка определяет направление

магнитного меридиана. На этом основано определение с помощью компаса направления север — юг. С помощью компаса определяется направление на магнитный полюс, а не на географический, так как магнитные полюса Земли не совпадают с географическими.

Для точной ориентировки и нахождения направления на географический полюс пользуются поправками, так называемым магнитным склонением — углом, образованным линией географического меридиана соответствующей точки земной поверхности и направлением магнитной стрелки. Величина склонения бывает восточная и западная. Для получения истинного географического меридиана при восточном склонении величину склонения следует вычитать из показания магнитной стрелки, при западном — прибавлять.

Магнитное поле Земли не является постоянным и подвержено периодическим изменениям. Изменения могут быть суточными, годовыми и вековыми. Причины их кроются в строении земной коры и внутреннем строении Земли в целом, а также во внешнем воздействии со стороны Солнца.

Размещение магнитных полюсов показано в таблице 3.

Каждый день полюс движется по эллиптической траектории, и, кроме того, смещается в северном и северо-западном направлении со скоростью около 10 км в год, поэтому любые его координаты являются временными и неточными. Со второй половины XX в. полюс довольно быстро движется в сторону полуострова Таймыр. В 2009 г. скорость движения северного полюса составляла 64 км в год.

Магнитное поле простирается до высоты 90 тыс. км. Выше этой зоны оно теряет способность притягивать заряженные частицы.

Изучение земного магнетизма представляет собой большой научный и практический интерес. В частности, оно помогает при поисках полезных ископаемых. При разведке с помощью приборов магнитометров выявляются магнитные аномалии.

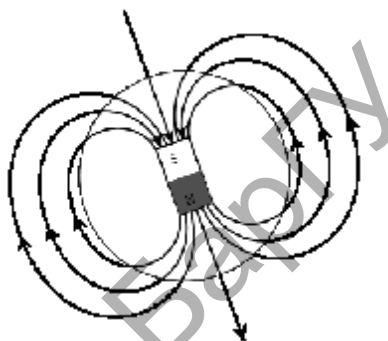


Рисунок 25 — Магнитное поле Земли

Т а б л и ц а 3 — Координаты магнитных полюсов

| Название магнитного полюса | 2001 г. | 2004 г. | 2005 г. | 2007 г. |
|----------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|----------------------------------|
| Северный | 81°03' с. ш. 110°08' з. д. | 82°03' с. ш. 113°04' з. д. | 82°07' с. ш. 114°04' з. д. | — |
| Южный | 64°06' ю. ш. 138°05' в. д. | 63°05' ю. ш. 138°00' в. д. | — | 64° 30' ю. ш., 137° 42' в. д. |

Например, так были открыты Курская магнитная аномалия в России, Соколовское и Сарбаевское железно-рудные месторождения в Казахстане.

Рельеф Земли. Рельефообразующие процессы

Рельеф — совокупность неровностей поверхности суши, дна океанов и морей. Рельеф состоит из сочетающихся между собой форм, которые могут быть выпуклыми (материки, горы, возвышенности, холмы и др.) и вогнутыми (океаны, котловины, речные долины, овраги, балки и др.). Современный лик Земли площадью 510 млн км² включает океаны, которыми занято 361 млн км² (70,8%), и сушу — 149 млн км² (29,2%).

Прежде чем сформировался современный лик, Земля прошла длительный путь развития. В истории Земли выделяются два основных этапа ее формирования — планетарный и геологический.

Планетарный этап продолжался 5,5—5,0 млн лет назад и завершился формированием планеты, дифференциацией вещества и образованием ядра и мантии Земли, а геологический — начался 4,5 млн лет назад и продолжается до сих пор. Геологический этап формировался с образования первичной океанической коры (путем вулканизма, трещинных излияний базальтов), атмосферы и гидросферы.

Все отложения земной коры по остаткам некоторых групп животных и растений в горных породах разделены исследователями на пять групп. Время, в течение которого накапливалась каждая группа пород, названо **эрой**. Название каждой эры отражает относительное время: архейская (древнейшая), протерозойская (ранняя), палеозойская (древняя), мезозойская (средняя), кайнозойская (новая). Все эры разделены на менее длительные отрезки времени — **периоды**. 12 периодов названы по той местности, где они были

впервые выделены и описаны: кембрий — древнее название полуострова Уэльс; ордовик и силур — по названию древних племен, живших в Англии; девон — по графству Девоншир в Англии; карбон — по каменным углям; пермь — по Пермской губернии в России и т. д.

Определение возраста горных пород позволяет установить относительное и абсолютное время, прошедшее с какого-то момента или события в истории Земли. Установление продолжительности геологических периодов и эр, а также определение возраста горных пород стали возможными только в XX в., когда для этих целей начали использовать радиоуглеродный метод, позволяющий определять процесс распада радиоактивных элементов, содержащихся в горных породах. Этот процесс идет с постоянной скоростью и не зависит от изменений внешних условий. По соотношению содержания в горной породе радиоактивного элемента и продуктов его распада устанавливается абсолютный возраст горной породы в миллионах и тысячах лет. На основании определения геологического возраста горных пород учеными было составлено геологическое летоисчисление, или геохронология.

Геохронология — обозначение времени и последовательности образования горных пород. Если залегание горных пород не нарушено, то каждый слой моложе того, на котором он залегает. Верхний слой образовался позднее всех лежащих ниже. Геохронология Земли может быть представлена в виде таблицы (табл. 4).

Неоднократное объединение и новое деление массивов суши, «закрытие» и появление океанов, т. е. изменение планетарного рельефа Земли, в настоящее время не вызывают у ученых сомнений. Одни ученые придерживаются того мнения, что суша возникла и погружалась без горизонтальных перемещений материков — гипотеза «фиксизма». Другие считают, что материки постоянно перемещались — «сходились» и «расходились» — гипотеза «мобилизма». Эту гипотезу выдвинул А. Вегенер. Однако она нашла поддержку только к концу XX в. и получила широкое признание. Кроме того, была выдвинута новая концепция тектоники лито сферных плит. сторонники ее полагают, что литосфера Земли состоит из шести крупных и многих мелких плит, «плавающих» по астеносфере. Плиты ограничены сверхглубинными разломами, совпадающими либо с рифтовыми долинами в осевой части срединно-океанических хребтов, либо с глубоководными желобами. Крупными плитами являются: Евразийская, Американская, Африканская, Тихоокеанская, Индийская и Антарктическая.

Т а б л и ц а 4 — Геохронологическая шкала

| Эра, млн лет | Период (система), млн лет | Эпоха | Характеристика развития органического мира |
|---------------------------|--|--------------------|--|
| Кайнозойская (Kz) 67 | Четвертичный (антропогенная) 1.5* 1.5* | Голоцен | Появились крупные форминиферы-нумулиты, в неогене — хоботные: слоны, мастодонты, динотерии; тигры, носороги, медведи, собаки, человекообразные обезьяны. Развитие насекомых, птиц. В четвертичном периоде в связи с похолоданием на севере появились волосатый мамонт, шерстистый носорог, а затем человек |
| | | Поздний плейстоцен | |
| | | Средний плейстоцен | |
| | | Ранний плейстоцен | |
| | Неогеновый 25 23.5 | Плиоцен | |
| | | Миоцен | |
| Полиоеновый Pg(P) 67 42 | Олигоцен | | |
| | Эоцен | | |
| | Полиоцен | | |
| Мезозойская (Mz) 163 | Меловой Cr(K) 137 70 | Поздний мел | Из фауны широкое развитие получили головоногие моллюски-аммогиты, двусторчатые моллюски, шестилучевые кораллы, брахиоподы, а также рептилии, (особенно динозавры, плистозавры, ихтеозавры). Флора характеризовалась появлением голосемянных. Наступила регрессия моря. В меловом периоде появились белемниты, костистые рыбы |
| | | Ранний мел | |
| | Юрский 195 58 | Мальм | |
| | | Доггер | |
| | | Лейас | |
| | Триасовый 230 35 | Поздняя | |
| | | Средняя | |
| | | Ранняя | |
| | Палеозойская (Pz) 340 | Пермский 285 55 | |
| Ранняя | | | |
| Каменноугольный 350 75-65 | | Поздняя | |
| | | Средняя | |
| | | Ранняя | |
| Девонский 410 60 | | Поздняя | |
| | | Средняя | |

| | | | | | |
|----------------|--------------------------------|-----------------|---|---------|---|
| | Силурийский 440\30 | Ранняя | | | |
| | | Поздняя | | | |
| | | Ранняя | | | |
| | Ордовикский 500\60 | Поздняя | | | |
| | | Средняя | | | |
| | | Ранняя | | | |
| | Кембрийский См(С) 570\70 | Поздняя | | | |
| | | Средняя | | | |
| | | Ранняя | | | |
| | Протерозой Pt(Pr) | Верхний (рифей) | | Венд | Здесь появляются слабометаморфизованные осадочные отложения, в том числе образованные водрастями известняки, углеродистые, железистые породы, и свидетельствовали о широком развитии бактерий и простейших микро организмов. В рифее обилие отраслевых построек несколько подразделений. В вине́дском периоде появляются радиолярии, губки, медузы, кольчатые черви, членистоногие |
| | | | | Поздняя | |
| | | | | Средняя | |
| Ранняя | | | | | |
| Средний | | | | | |
| Ранний | | | | | |
| Архей A(Ar) | Поздний | | В это время t поверхности Земли превышать 100°C, однако уже зародилась жизнь, и происходили процессы осадконакапления. К концу большие пространства были охвачены гранитизацией и складчатостью образовался массив с проконтинентальной корой. Это время прокариотов-бактерий и синезеленых водорослей. Уровень кислорода очень низок | | |
| | Ранний | | | | |

Примечание. Период, отмеченный «*», продолжается в настоящее время.

Процесс раздвига литосферных плит происходит по линии подводных хребтов к линии желобов со скоростью от 1 до 6 см в год. Это установлено по снимкам, сделанным с искусственных спутников Земли. По образовавшимся трещинам происходит излияние базальтовой лавы, которая, застывая, образует своеобразные клинья, распирающие и смещающие по горизонтали смежные плиты. Океанические литосферные плиты, перемещаясь, подвигаются под соседние континентальные плиты. При этом происходит разогревание краев плит и плавление литосферы, проявляется вулканизм и активизируется сейсмическая активность, например на Тихоокеанском побережье Евразии. Происходит смятие в складки осадочных слоев, перекрывающих плиту. Сталкивающиеся литосферные плиты приводят к образованию горноскладчатых сооружений. Примером могут служить горные системы Альп, Кавказа, Памира и Гималаев, возникшие в результате столкновения южных литосферных плит с Евразией.

Наряду с учением о геосинклиналях (гипотеза «фиксизма») концепция тектонических плит объясняет ряд закономерностей в строении и развитии земной коры.

Различные формы рельефа формируются под действием процессов, которые подразделяются на внутренние (эндогенные) и внешние (экзогенные).

Внутренние процессы зарождаются и протекают в недрах планеты, в условиях повышенных температуры и давления. К внутренним процессам относятся тектонические, магматические и метаморфические.

Внешние процессы протекают в самых верхних слоях земной коры с участием лучистой энергии Солнца на границах с биосферой и гидросферой.

Экзогенные процессы проявляются в непрерывном разрушении и изменении поверхности Земли вследствие воздействия атмосферных и подземных вод, рек и ледников, растительных, животных и других организмов, выветривания (работы ветра), а также в результате деятельности человека.

Эндогенные и экзогенные процессы протекают во взаимодействии, и находятся в постоянной борьбе, в противоречии. В непрерывном взаимодействии внутренних и внешних процессов происходит формирование земной коры и рельефа.

дамбы спасают эту страну. Опускаются южные берега Великобритании, северная часть Италии (район Венеции).

Складчатые движения земной коры называют *горообразовательными*. Они характеризуются большой интенсивностью, силой и амплитудой проявления. Складчатость протекает в меньшие по сравнению с колебательными движениями сроки и дает ощутимые результаты: возникают высокие горы, образуются крупные разломы и трещины в земной коре. По разломам происходят значительные перемещения отдельных участков земной коры — их вздымание и опускание. Горообразовательные движения сопровождаются землетрясениями и вулканизмом.

Землетрясения — также тектонические движения земной коры, которые в отличие от колебательных и складчатых являются следствием быстрых движений земной коры.

Землетрясением называют внезапное и резкое сотрясение земной поверхности, проявляющееся в виде толчков различной силы, вызванных рядом причин, действующих в земной коре и верхней мантии. Изучением землетрясений занимается наука *сейсмология*. Явления, связанные с землетрясениями, называют **сейсмическими**. Землетрясения происходят в ограниченных областях, связанных с глубинными разломами в земной коре, с зонами молодого горообразования или геосинклиналями, к которым приурочены также основные вулканические пояса. Такие зоны называются сейсмическими областями. Наибольшее число землетрясений (около 90%) происходит в двух поясах: Тихоокеанском, охватывающем побережье Тихого океана в виде кольца (здесь происходит около 70% всех землетрясений), и Средиземноморском, идущем от островов Зеленого мыса и Португалии через бассейн Средиземного и Черного морей — Карпаты, Крым, Кавказ, Гималаи и Индонезию (с этим поясом связано более 20% всех землетрясений). Сейсмические зоны известны и в других районах земного шара, например срединная область Атлантического океана, а также зона, проходящая в Африке вдоль Великих Озер (Танганьика, Ньяса, Виктория, Рудольфа).

В различных участках земной коры землетрясения проявляются с новой силой. Подсчитано, что ежегодно на Земле происходит 200 тыс. катастрофических землетрясений, 150 разрушительных, около 7 тыс. сильных и 150 тыс. слабых. Центр очага называют

гипоцентром. Его проекцию на земную поверхность, где с наибольшей разрушительной силой проявляется землетрясение, называют **эпицентром.**

С глубиной температура в земной коре повышается. На глубине 60—70 км температура настолько велика, что любая порода при давлении, равном атмосферному, могла бы находиться в расплавленном состоянии. Однако в отдельных очагах при уменьшении давления и повышении температуры вещество переходит в газообразное состояние. При этом его объем увеличивается в несколько раз. Раскаленную, насыщенную газами массу называют **магмой.** Она перемещается туда, где меньше давление. По отдельным трещинам, каналам магма изливается на поверхность в виде *лавы.* Этот процесс называют вулканизмом. При извержении выбрасываются в огромном количестве газы и твердые продукты (вулканические пепел и «бомбы» — глыбы пород). Горы, производящие извержения, называют **вулканами.** Они располагаются в местах разломов земной коры. На поверхности излившаяся лава застывает, и многократные излияния образуют конусообразные горы. Например, самый активный и высокий вулкан Ключевская сопка на полуострове Камчатка имеет высоту 4 850 м. На вершинах таких гор образовались чашеобразные углубления — **кратеры.** От дна кратера уходит внутрь к магматическому очагу канал — **жерл.**

В настоящее время в мире насчитывается свыше 500 действующих вулканов и около 4 000 потухших. Они распределены на поверхности неравномерно, приурочены в основном к наиболее подвижным зонам земной коры, называемым **геосинклиналями** (от греч. *γη* — земля, *συγκλίνω* — складка). Большая часть действующих вулканов находится в Тихоокеанском поясе. Они образуют Тихоокеанское вулканическое кольцо. Это вулканы Ключевская сопка, Авачинская сопка, Кроноцкая сопка и другие, находящиеся на полуострове Камчатка, а также вулканы на Курильских островах, вулкан Фудзияма в Японии и др.

Второй пояс — Средиземноморско-Индонезийский. Здесь находятся вулканы Везувий, Этна, Кракатау.

Вулканы, образующиеся на дне океанов, называются подводными. Во время подводных излияний лавы на поверхность океана прорываются клубы пара, которые образуются от соприкосновения раскаленной лавы с морской водой.

Магматический процесс — сложный геологический процесс, который включает зарождение магмы в земной коре и в верхней части мантии, перемещение ее в верхние слои земной коры, охлаждение и образование магматических горных пород.

Метаморфизм — изменение и преобразование горных пород в ходе эндогенных процессов, главным образом благодаря увеличению температуры и давления, а также присутствию химически активных веществ — растворов. Изменение температуры может быть связано с опусканием горных пород на большие глубины.

Развитие внешних процессов зависит от многих геологических и физико-географических факторов. Главными из них являются тектонические движения земной коры, геологическое строение региона, рельеф и климатические условия.

Самый сложный внешний фактор — **выветривание**, т. е. разрушение горных пород. Оно условно подразделяется на химическое и физическое.

Основными причинами физического выветривания являются колебания температуры, связанные с суточными и сезонными изменениями солнечной радиации (количеством поступающей лучистой энергии Солнца). В результате изменения температуры (днем горная порода с поверхности нагревается и расширяется, а ночью охлаждается и сжимается) образуются трещины, которые постоянно расширяются. Расширению трещин способствует замерзание в них воды, так как при замерзании она увеличивается в объеме. Маленькие трещины увеличиваются, горная порода распадается на отдельные куски, которые впоследствии разрушаются на более мелкие: порода превращается в щебень, дресву, песок, глину. В трещинах образуется мелкозем, на нем поселяются растения, а их корневая система влияет на разрушение пород; способствуют этому и животные, особенно землеройки. Механическому разрушению горных пород способствует и органическая жизнь. Лишайники, мхи и другие спорные растения первыми поселяются на свежей поверхности горных пород. Они подготавливают условия для поселения здесь высокоорганизованных растений. Корни их продолжают механическое разрушение и способствуют развитию химического выветривания.

Химическое выветривание горных пород связано с их химическим составом и строением, а также с климатическими условиями и наличием воды.

Вода — важнейший фактор химического выветривания, она активизирует химическую деятельность кислорода, углекислого газа, органических веществ и неорганических соединений.

Наиболее интенсивно в зоне химического выветривания разлагаются магматические и метаморфические породы. Скорость выветривания и сохранность его продуктов в значительной степени определяются климатом и рельефом поверхности территории выветриваемых пород. При влажном и жарком климате скорость выветривания наибольшая и глубина выветривания может достигать 100 м при слаборасчлененном рельефе местности. В холодном климате скорость химического выветривания чрезвычайно мала. Но в том и в другом случаях существенную роль в химическом выветривании играет жизнедеятельность различных представителей органического мира. Особенно велика роль бактерий, вирусов, микроскопических грибов, водорослей, добывающих пищу из неорганических соединений.

Процесс выветривания приводит, в конечном счете, к образованию рыхлых продуктов. Этот рыхлый покров, образовавшийся на суше, называют **корой выветривания**. На ней постепенно образуется почва.

Среди внешних процессов формирования рельефа (кроме выветривания) наибольшее влияние на его современный облик оказывают древние оледенения и текучие воды.

Четвертичный период в истории Земли ознаменовался общим поднятием вод суши, похолоданием климата и возникновением в Северном полушарии покровного оледенения. Всего было четыре эпохи оледенения. Центрами оледенений служили горы Скандинавского полуострова, Новая Земля, Полярный Урал и горы Таймырского полуострова. Отсюда лед распространялся к югу на прилегающие территории.

Лед приобретает подвижность (текучесть), когда происходит его накопление и увеличение мощности. Нижние слои льда становятся пластичными, и чем больше масса льда, тем он становится подвижнее. Двигаясь, ледник очень сильно изменяет поверхность Земли. Из центра оледенения он уносит с собой вмёрзшие в нижние слои льда камни и при движении, как мощным бульдозером, снимает с поверхности рыхлые наносы (песок, глину, щебень) и даже довольно крупные камни. Под воздействием ледника возвышенности и выступы, выложенные кристаллическими породами, приобретают обтекаемую форму и отполированную поверхность.

В тех местах, где ледник начинал таять, отлагался принесенный материал — *морена*, состоящая из перемешанных песка, глины, мелких обломков твердых горных пород и крупных камней — валунов. У края ледника мощность морены больше, и после его таяния остаются холмы и конечно-моренные гряды. При таянии ледника образуются большие массы воды, которые перебивали морену, переносили и отлагали песчаный материал, выравнивая поверхность. Так, у края ледника создавались равнины, сложенные водноледниковыми отложениями и называемые зандровыми равнинами.

Созданные древними оледенениями формы рельефа лучше всего выражены на Восточно-Европейской равнине, где мощность ледника была наибольшей.

Текучие воды являются одним из главных современных экзогенных факторов формирования рельефа земной поверхности. Текучие воды способствуют сглаживанию неровностей рельефа и в то же время расчленяют его. Дождевая или талая вода, образовавшаяся при таянии снега, стекает по склону и разрушает горные породы и почву, при этом образуются сначала неглубокие промоины, постепенно они увеличиваются, превращаясь в овраги, балки и долины.

Процессы разрушения горных пород и почв текучими водами называются эрозионными. Особенно интенсивно эрозионные процессы происходят в районах с большим количеством осадков и значительным уклоном поверхности.

Эрозионный рельеф особенно характерен для гор и возвышенностей.

На равнинах, в областях, не подвергшихся древнему оледенению, эрозионное расчленение поверхности продолжалось в течение всего четвертичного периода. В результате образовалась разветвленная сеть речных долин, балок и глубоких оврагов.

Текучие воды не только создают эрозионный рельеф, но и отлагают продукты разрушения в долинах рек и на пологих склонах. Особенно много такого материала переносят реки. Плоские равнины, созданные речными наносами в устье реки, называются **дельтами**. Впервые этот термин был применен для обозначения конуса выноса реки Нила, так как дельта Нила похожа на греческую букву «дельта». Накопление наносов вдоль русла реки в виде полос образует *пляжи*.

В районах с сильно расчлененным рельефом большую роль в его преобразовании играет действие силы тяжести. Оно вызывает перемещение слоев горных пород вниз по склонам и накопление их

на пологих и вогнутых склонах и в предгорьях. В горах при большой крутизне склонов часто происходит перемещение больших масс крупного обломочного материала: каменных глыб и щебня. Возникают *обвалы* и *осыпи*. Иногда эти процессы происходят и на равнинах, на крутых склонах речных долин и оврагов. При неглубоком залегании водоупорных пород и, особенно, при чередовании водоносных водоупорных слоев происходит соскальзывание переувлажненных верхних пластов. Возникают **оползни** — смещение (сползание) масс горных пород по склонам под действием силы тяжести.

Оползни могут разрушить дома и транспортные магистрали, снести сады и посевы сельскохозяйственных культур, иногда влекут за собой человеческие жертвы. В густонаселенных районах оползни приносят государству большой ущерб. Для предупреждения оползневых процессов рекомендуется устраивать водостоки, уменьшающие просачивание осадков, ограничивать нагрузки на грунт при строительных работах.

Под воздействием ветра могут разрушаться не только рыхлые горные породы, но и каменные. Ветер переносит песок, ударяет им в каменные породы, в результате чего в породе образуются ячейки, ниши и даже небольшие пещеры. Особенно сильно разрушительная сила ветра проявляется там, где рыхлая поверхность земли не закреплена почвой и растительностью. Так, в пустынях из песка образуются серповидные холмы высотой до нескольких десятков метров — **барханы**. Песчаные холмы, образовавшиеся на берегах морей, озер и крупных рек, называют **дюнами**.

Поверхность земной коры является не только местом развития экзогенных процессов, но и средой обитания человека. Окружающая среда включает в себя все виды географической оболочки — биосферу, атмосферу, гидросферу, литосферу.

По определению В. И. Вернадского, деятельность человека превращается в мощный геологический фактор, который способен существенно влиять на многие геологические процессы. Интенсивность воздействия человека на земную кору определяется ростом населения планеты. К началу новой эры все население Земли составляло 180—200 млн человек. В середине XIX в. оно достигло 1 млрд человек, в 1996 г. — 5,3 млрд, в 2010 г. — 6,82 млрд человек. Увеличение населения усиливает воздействие человека на литосферу.

На заре цивилизации человек воздействовал на окружающую среду с помощью своих мускулов и каменных орудий, а в настоящее время — обладает инструментами и орудиями труда из сверхпрочных материалов. Интенсивность воздействия людей на земную кору с каждым годом возрастает. При строительстве городов, дорог, гидротехнических и других сооружений при открытой добыче полезных ископаемых меняется рельеф местности. Для горнопромышленных районов характерен грядово-холмистый рельеф, который образуется при складывании пустых пород и отходов переработки минерального сырья. В Беларуси это наблюдается в районе Солигорска и связано с добычей калийной руды.

В рельефе поверхности Земли выделяются большие неровности. Основные из них — *материковые выступы*, или *материки*, разделяющие их впадины *океанов*. Существует шесть материков: Евразия, Африка, Северная Америка, Южная Америка, Антарктида, Австралия и четыре океана: Тихий, Атлантический, Индийский, Северный Ледовитый.

В рельефе материков и океанов выделяются две основные формы — *горы* и *равнины*.

На поверхности материков горы и равнины соответствуют основным структурным элементам земной коры: подвижным — геосинклиналям (орогенам) и относительно спокойным участкам — платформам.

Платформы представляют собой устойчивые малоподвижные области земной коры и характеризуются небольшими амплитудами тектонических движений — медленными и колебательными.

Платформы сформировались на месте подвижных зон земной коры — геосинклиналей, благодаря чему они характеризуются сложным строением и состоят из двух структурных этажей: нижнего — складчатого кристаллического фундамента, состоящего из кристаллических и сильнометаморфизованных горных пород, и верхнего — осадочного чехла, состоящего из горизонтально или слабо наклонно залегающих горных пород, почти не подвергавшихся метаморфизму. Фундамент платформы залегает в разных районах земного шара на разных глубинах. Например, в Бресте кристаллический фундамент находится на глубине 1 600 м, а в Каире — 1 050 м.

В ряде участков земного шара кристаллический фундамент выходит на поверхность Земли — такие участки платформ

называются **щитами**. Примерами могут служить Балтийский и Азово-Подольский щиты на Русской платформе, Алданский — на Сибирской платформе, Канадский — на Северо-Американской платформе.

Опущенные участки платформы, перекрытые осадочными породами, называются *плитами*. Например, существуют Русская (часть Русской платформы), Западно-Сибирская и Туранская плиты.

Геосинклинали — подвижные участки земной коры, в своем развитии проходят два этапа. Первый — интенсивное опускание земной коры, образование широкого морского бассейна и накопление в нем осадочных толщ мощностью до 15—20 км.

На втором этапе развития геосинклинали происходит интенсивное восходящее движение. Породы в результате складчатости и магматической деятельности сминаются в складки, растрескиваются, по трещинам внедряется магма гранитного состава. Происходит образование рудных месторождений. С течением времени на месте геосинклинали возникает складчатая область. Море отступает. Геосинклиналь завершает свой цикл развития — на ее месте возникает горноскладчатая область. Горные сооружения, возникшие на месте геосинклинали, начинают разрушаться под действием экзогенных процессов, а после их разрушения участок земной коры преобразуется в платформу.

В целом весь рельеф суши Земли можно разделить на две большие области: равнинно-платформенные и горные (орогенные).

Равнинно-платформенные области занимают 64% суши. В размещении их на поверхности наблюдается симметрия: они приурочены к двум широтным поясам, один из которых расположен в Северном, другой — в Южном полушарии.

В Северном полушарии находятся Северо-Американская, Восточно-Европейская и Сибирская равнинные области; в Южном — Южно-Американская (Бразильская), Африкано-Аравийская, Австралийская. В пределах платформенных равнин имеются отдельные низменности и возвышенности, плато, плоскогорья и высоко поднятые массивы (Жигулевские горы на Восточно-Европейской равнине, горы Путорана на Среднесибирском плоскогорье, горный массив Ахаггар на Африкано-Аравийской платформенной равнине).

Среди равнинно-платформенных областей имеются: *низкие* — с абсолютной высотой 100—300 м (Восточно-Европейская, Западно-

Сибирская, Туранская, Северо-Американская) и *высокие* — поднятые новейшими движениями коры на высоту 400—1 000 м (Среднесибирское плоскогорье, Африкано-Аравийская, Индостанская, Австралийская и Южно-Американская равнинные области).

На равнине суши преобладают равнины второго типа, т. е. высокие. Им свойственны (в отличие от низких) большая глубина расчленения, ступенчатость поверхностей, обусловленная смещением по разломам, а местами — проявления вулканизма.

Горные области занимают 36% площади суши. В их пределах выделяют горные сооружения двух типов: *молодые* — возникшие впервые в орогенном этапе геосинклинали (горы юга Евразии) и горы, *возрожденные* — на месте древних выровненных и полуразрушенных складчатых областей различного возраста. В результате омоложения и возрождения новейшими движениями земной коры образовались: Тянь-Шань, Куньлунь, горы Южной Сибири и Северной Монголии, Скалистые горы в Северной Америке, нагорья Восточной Африки. Возрожденные горы преобладают над молодыми.

Многообразные формы рельефа классифицируют по двум признакам: генетическому и морфологическому.

Генетическая классификация форм рельефа производится на основе учета их происхождения (генезиса), возраста, взаимосвязи и динамики. Родственные формы рельефа могут быть не похожи по внешним признакам, но они представляют собой звенья одной и той же цепи, хотя находятся на разных стадиях своего развития. Например, маленькая промоина, овраг или балка очень различны по внешнему виду и величине, но все они являются определенными стадиями развития формы, обусловленной эрозионным процессом.

По морфологической классификации во внимание принимаются внешние признаки и размеры форм рельефа без оценки их происхождения и взаимосвязей. Морфологической классификацией пользуются при первом знакомстве с формами рельефа в начальной школе.

По морфологическому признаку самым элементарным является деление поверхности суши на *горы* и *равнины*. Внутри тех и других имеются макро-, мезо- и микроформы, а также *положительные* (выпуклые) и *отрицательные* (вогнутые) формы. Важнейшие положительные формы — холм, гора, хребет, плоскогорье, плато, нагорье.

Холм — изолированная куполообразная возвышенность, не превышающая 200 м над окружающей местностью, с пологими склонами и резко выраженной подошвой. Самая высокая точка холма называется вершиной.

Горы — обширные и сильнорасчлененные части земной поверхности, высотой более 200 м относительной высоты, обычно с крутыми склонами и резко выраженной подошвенной линией. Горы и их вершины имеют различные формы. Вершины могут быть плоскими (столовые горы), куполообразные, остроконечные (пики).

Одиночные горы встречаются редко. Обычно они занимают большие территории и вытянуты на большие расстояния — такие горные сооружения называются **горными хребтами**. Система вытянутых в одном направлении горных хребтов составляет *горную цепь* (например, Уральские горы, Кордильеры, Анды, Гималаи). Самую высокую часть горного хребта называют *ребнем*. Наиболее резкие повышения на гребне — *вершины*, (например, Джомолунгма (Эверест) в Гималаях (8 848 м), Эльбрус (5 642 м) и Казбек (5 033 м) в Кавказских горах, Монблан (4 807 м) в Альпах).

По высоте горы подразделяются на низкие, с абсолютной высотой до 1 000 м, средневысотные — от 1 000 до 2 000 м и высокие — более 2 000 м.

Обширные и высоко приподнятые участки (до 1 000 м над уровнем моря), имеющие волнистую или ровную поверхность, называют **плоскогорьями** (например, Среднесибирское плоскогорье).

Возвышенная равнина, ограниченная хорошо выраженными склонами, нередко обрывистыми, — **плато**. Поверхность плато бывает не только ровной или слабоволнистой, но и часто значительно расчлененной положительными и отрицательными формами рельефа (например, плато Устюрт на полуострове Мангышлак в Казахстане).

Обширная возвышенность, на которой расположены горные хребты, высокие равнины и отдельные горы, называют **нагорьем**, (например, Иранское, Аравийское, Тибетское нагорья).

Равнины — обширные участки земной поверхности с колебаниями высот не более 200 м. Рельеф равнины менее разнообразен, чем рельеф гор. Это объясняется большей однородностью геологического строения платформенных участков континентальной коры и меньшей их подвижностью.

Платформенные равнины занимают больше половины всей площади суши. Больше 80% всех равнин — первично ровные пластовые и аккумулятивные, равнинность рельефа которых определяется залеганием пластов осадочных пород. Самые обширные равнины — (пластовые например, средневысотная Восточно-Европейская), низкие — Западно-Сибирская и Амазонская. Аккумулятивные (сложенные наносами рек) равнины низкие (например, Прикаспийская, Месопотамская, Индо-Гангская).

Равнина, расположенная на высоте не выше 200 м, называется **низменностью** (например, Западно-Сибирская). Равнина, имеющая холмы, понижения, овраги, называется **холмистой** (например, Восточно-Европейская).

Важнейшими отрицательными формами, встречающимися на равнинах, являются промоины, овраги, лощины, различные долины и котловины.

Промоина — вытянутое углубление с крутыми незадернованными склонами.

Овраг — углубление значительной длины, иногда до нескольких километров, с крутыми, часто отвесными склонами. Овраги постепенно расширяются в сторону общего наклона поверхности. Верховья оврагов имеют вид промоины. Овраг, приостановившийся в росте в глубину (достиг водоупорного слоя), с пологими задернованными склонами называют балкой, если ее глубина незначительна, то — **лощиной**.

Долина — вытянутое углубление, имеющее уклон в одном направлении, со склонами различной крутизны, часто прорезанными промоинами или оврагами. Долину, по дну которой протекает река, называют *речной*, а долину без рек — *сухой*; в Средней Азии ее называют *узбоем*, в Австралии — *криком*, в горах Восточной Сибири — *падью*.

Котловина, или **впадина**, — понижение в рельефе, замкнутое со всех сторон, со склонами различной крутизны и форм.

Небольшие котловины, имеющие незначительную глубину и плоское дно, называют *блюдцами*, или *западинами*.

Рельеф суши играет большую роль в формировании внешнего лика Земли. Он перераспределяет тепло и влагу на поверхности Земли. От него зависит характер стока, микроклимат, распределение почвенно-растительного покрова. Характерная особенность равнин — широтная зональность, а в горах — высотная поясность.

В свою очередь, и рельеф изменяется под действием этих факторов. Любые формы рельефа, от отдельной кочки до горного хребта, не остаются неизменными. Они создаются и уничтожаются разнообразными и непрерывными процессами, действующими на Земле. Человек в процессе своей хозяйственной деятельности также изменяет рельеф. Он создает такие формы рельефа, как котлованы при открытой разработке полезных ископаемых, глубиной десятки, а иногда и сотни метров, железнодорожные насыпи, каналы, холмы из пустой породы — терриконы.

В земной коре обнаружено 89 естественных химических элементов. Распространены они крайне неравномерно. В основном земная кора состоит из восьми химических элементов. Почти половину ее массы составляет кислород и более четверти — кремний. Кислород, кремний, алюминий, железо, кальций, калий, натрий, магний образуют 98,8% массы земной коры. На все остальные химические элементы приходится лишь 1,2%.

Минералом называют природное химическое соединение (или химический элемент), возникающее в результате определенных физико-химических процессов, протекающих в земной коре или на ее поверхности. Каждый минерал имеет определенное строение и обладает присущим ему комплексом физических и химических свойств.

Изучением минералов, их состава, строения, свойств и происхождения занимается наука **минералогия**. Обычно к минералам относят природные образования, возникшие в результате физико-химических процессов в недрах и на поверхности земной коры. Однако к ним нельзя не отнести и выращиваемые в лабораториях и на заводах драгоценные камни, минеральные образования, получаемые при моделировании геологических процессов, жемчуг, выращиваемый как аквакультура. На сегодня известно до 4 000 минералов.

В природе существуют твердые, жидкие и газообразные минеральные образования. Твердые минералы могут быть *кристаллическими* и *аморфными*. Кристаллические состоят из множества одинаковых структурных элементов, образующих упорядоченную пространственную (кристаллическую) решетку. Различают атомный, ионный и молекулярный типы решеток, которые определяют *анизотропность* (различные свойства), *изотропность* (одинаковые свойства) кристаллов и их способность самоограняться. Кристаллы — как природные, так и искусственные — имеют форму многогранников.

Они могут быть изотропными и анизотропными. Аморфные минералы всегда изотропны. Способность веществ при одинаковом химическом составе кристаллизоваться в разных формах называется полиморфизмом (многоформностью). Например: алмаз и графит, пирит и марказит, кальцит и арагонит. Разная структура полиморфных разновидностей объясняет их различные свойства. Некоторые вещества разного химического состава могут образовывать сходные кристаллографические формы. Такие вещества могут создавать смешанные формы, содержащие исходные компоненты в разной пропорции. Это явление называется *изоморфизмом*, а смеси именуются *изоморфными* (например, полевые шпаты).

Природные скопления минеральных зерен, или кристаллов, принято называть *минеральными агрегатами*. Они могут быть *моно- и полиминеральными*, т. е. состоять из одного или нескольких минералов. Форма минеральных агрегатов зависит от их состава и условий формирования.

Группа кристаллов, выросших на общем основании, образует **друзу**. Друза с ориентированными в одном направлении мелкими сросшимися кристаллами называется **щеткой**. Эти формы образуются при кристаллизации минералов в пустотах горных пород (кварца, кальцита, гипса). Тот же генезис имеют *среции* — минеральные образования, частично или полностью выполняющие полости и растущие от периферии к центру. Среции могут образовывать как аморфные (халцедон), так и кристаллические (кварц, кальцит) минералы. Крупные среции именуют *жеодами*, мелкие — *миндалинами*.

Желваковые образования, возникшие в рыхлых осадочных образованиях на дне древних и современных водоемов как результат стяжения минерального вещества вокруг инородных центров кристаллизации, называются **конкрециями**. Они растут от центра к периферии, по строению могут быть радиально-лучистыми и концентрическими. Их формы и размеры весьма различны. Мельчайшими конкрециями являются оолиты (кальцит, арагонит, фосфорит, кремль, сидирит, железо-марганцевые конкреции на дне океана).

В пустотах, в том числе и в пещерах, широко распространены натечные формы. Они могут иметь самый различный размер и состав (кальцит, малахит, глинистые минералы, лед и т. д.). Это, прежде

всего *сталактиты, сталагмиты и сталагматы*, почковидные и гроздевидные образования пещер.

При быстрой кристаллизации в мелких трещинах и глине солей, выпадающих из подземных вод, образуются тонкие ветвистые древовидные образования — **дендриты**. Наиболее часто обнаруживаются дендриты самородной меди, железистых и марганцевых соединений и т. п.

Минеральные агрегаты неупорядоченных зерен и кристаллов делят на крупно- (более 3 мм), средне- (1—3 мм) и мелкозернистые (менее 1 мм). Облик их может быть не только зернистый (кристаллический), но и пластинчатый, листоватый, шестоватый, полосчатый, волокнистый, оолитовый и т. д. Именно характер минеральных агрегатов определяет структурно-текстурные признаки горных пород. Агрегаты неразличимых под лупой зерен именуют *скрытокристаллическими*; мягкие, пачкающие руки, напоминающие рыхлые почвы — *землистыми* (каолин, боксит, лимонит и т. д.).

Ложные формы, не соответствующие истинному габитусу слагающего их вещества, называются **псевдоморфозами**. В соответствии с генезисом различают псевдоморфозы превращения, или *метаморфозы*, как, например, образование лимонита по пириту, вытеснения халцедона, кремня по кальциту, выполнения опала, лимонита по дереву.

Физическими свойствами минералов, имеющими важное значение при их диагностике (определении), являются: твердость, плотность, цвет, цвет черты, блеск, спайность, излом, прозрачность, а также особые свойства, которые характерны только для некоторых минералов.

Твердость, или сопротивление разрушению при диагностике, определяют царапанием одного минерала другим. Таким способом выясняют, какой минерал тверже. Для определения относительной твердости минерала широко применяют *шкалу Мооса*, составленную австрийским минералогом Ф. Моосом в 1811 г. Твердость устанавливается путем сравнения исследуемого минерала с эталонным, твердость которого известна. Шкала состоит из десяти эталонных минералов, расположенных в порядке увеличения их твердости (номера минералов обозначают их относительную твердость):

- 1) тальк $Mg_3[Si_4O_{10}](OH)_2$;
- 2) гипс $CaSO_4 \cdot 2H_2O$;

- 3) кальцит CaCO_3 ·;
- 4) флюорит CaF_2 ;
- 5) апатит $\text{Ca}_5[\text{PO}_4]_3(\text{F}, \text{Cl}, \text{OH})$;
- 6) ортоклаз (полевой шпат) $\text{K}[\text{AlSi}_3\text{O}_8]$;
- 7) кварц SiO_2 ;
- 8) топаз $\text{Al}_2[\text{SiO}_4](\text{F}, \text{OH})_2$;
- 9) корунд Al_2O_3 ;
- 10) алмаз С.

Определение твердости производится путем царапания испытуемого минерала острым концом эталонного, входящего в шкалу твердости. Более твердые минералы царапают более мягкие. Например, если минерал, твердость которого нужно определить, царапается кварцем (твердость 7), но не царапается ортоклазом (твердость 6), то его твердость — 6,5. Если оба минерала царапают друг друга, твердости их считаются одинаковыми.

В полевых условиях при отсутствии шкалы твердости используют широко распространенные предметы с известной твердостью. Так, например, ноготь имеет твердость приблизительно 2,5, железный гвоздь — 4—4,5, оконное стекло — 5, лезвие бритвы, стального ножа — 5—6, напильник — 7. Если минерал оставляет черту на бумаге, то его твердость — 1. Наиболее распространены минералы с твердостью от 3 до 7.

Плотность (удельный вес) всегда отражает химический состав и структуру минерала. Ее можно определить приблизительно, «взвешивая» минерал на ладони. Обычно выделяют три весовые категории: легкие (до $3 \text{ г} / \text{см}^3$), средние ($3—4 \text{ г} / \text{см}^3$) и тяжелые (более $4 \text{ г} / \text{см}^3$) минералы. При удельном весе более $10 \text{ г} / \text{см}^3$ говорят об очень тяжелых минералах. К ним относят самородные золото, серебро, платину, ртуть. Самый тяжелый минерал, известный на Земле, — осмистый иридий, имеющий плотность $23 \text{ г} / \text{см}^3$. Большая часть минералов, слагающих земную кору, — это легкие и средние минералы.

Спайность — способность минералов раскалываться (расщепляться) по параллельным ровным блестящим поверхностям, именуемым плоскостями спайности. Спайность — свойство исключительно кристаллических минералов. Плоскость спайности соответствует грани кристалла. Выделяют следующие виды спайности:

– весьма совершенная — минерал легко расщепляется на листочки, пластинки (слюды, тальк, пластинчатый гипс);

- совершенная — при ударе молотком образуются обломки, ограниченные плоскостями спайности (кальцит, галит);
- средняя — обломки ограничены как плоскими, так и неровными границами (ортоклаз, авгит);
- несовершенная — плоскости спайности обнаруживаются редко (апатит, оливин);
- весьма несовершенная — плоскости спайности практически отсутствуют (кварц, пирит, магнетит).

Излом — поверхности раскола, ориентированные вопреки спайности. Различают раковистый (халцедон, кремь, кварц), занозистый (селенит, асбест), зернистый (горные породы), землистый (боксит, лимонит, ступенчатый (ортоклаз, галенит) и другие поверхности излома.

Цвет нельзя считать основным диагностическим признаком минералов, ибо он переменчив и зависит от многих факторов. Это и структурные особенности, и присутствие красителей (хромофоров), механических примесей, трещин и пустот. Цвет контролируется и такими параметрами среды, как температура, влажность и т. д. Восприятие цвета глазами также не однозначно. Однако ряд минералов имеет постоянную окраску. Например, галенит всегда серый, киноварь — красная, малахит — зеленый, лазурит — синий и т. д. Примеси же, обуславливающие различия в окраске и оттенки, очень часто дают информацию о химическом составе. Например, в группе гранатов магниево-алюминиевый пироп — темно-красный, кальциево-алюминиевый гроссуляр — светло-зеленый, кальциево-железистый андрадит — буровато-зеленый и т. д. Описывая цвет минерала, следует охарактеризовать его основной цвет, глубину и оттенок. Например: темно-серый с голубоватым оттенком (для малебдинита). В минералогии зачастую используют нестандартные характеристики цвета типа: «кошенильно красный», «фисташковый», «латунно-желтый», «солонно-желтый» и т. д. Однако, несмотря на образность таких определений, лучше применение их свести до минимума.

Черта (цвет черты) — след, который остается на неглазированной фарфоровой пластинке (бисквите), если чертить по ней минералом. В ряде случаев он совпадает с цветом минерала в куске (киноварь, магнетит, малахит и т. д.). Но многие минералы характеризуются резкими отличиями в цвете черты и куска (пирит, гематит). Черта — более постоянный, нежели цвет в куске, диагностический признак.

Цвет и черту следует определять в свежем изломе.

Блеск отражает как внутреннее строение, так и характер отражающей поверхности минерала. Легко различаются минералы с металлическим блеском. Минералы с металлическим и металло-видным блеском чаще всего имеют черную или очень темную черту (магнетит, галенит, графит); минералы с белой и цветной чертой обычно обладают неметаллическим блеском (гипс, сера, киноварь). В группе минералов с металлическим блеском исключение представляют: самородное золото, медь, серебро, платина, халькопирит и блеклые руды. Имея металлический блеск, они дают цветную черту: золото — зеленоватую, серебро — серебряно-белую, медь — медно-красную, халькопирит — зеленоватую, блеклые руды — темно-бурую. Неметаллический блеск разделяют на: полиметаллический (минерал имеет блеск металла, но черта и порошок у него цветные), алмазный, стеклянный, жирный, шелковистый, перламутровый, матовый и т. д.

Свойства, присущие конкретным минералам или отдельным минеральным группам, принято относить к дополнительным. Очень часто только одно какое-то индивидуальное свойство позволяет однозначно диагностировать минерал (галит — соленый, арсенопирит — при ударе издает запах чеснока, сера — легко загорается от спички, горит синим пламенем, издавая удушливый запах сернистого газа, который выделяется при горении). Дополнительные свойства весьма разнообразны, поэтому рассмотрим только некоторые из них, помогающие визуальной диагностике.

Магнитность свойственна минералам, содержащим железо, кобальт и никель. Степень магнитности минерала может быть различной. Находящиеся в земной коре значительные массы сильно магнитных минералов (магнитного железняка) притягивают стрелку компаса, сильный магнит. Но чтобы зафиксировать более слабые проявления магнитных свойств, надо к порошковому препарату (который получают при измельчении минерала или содержащей его породы ударом молотка) прикоснуться намагниченным лезвием перочинного ножа или магнитной подковкой. Этим способом можно извлечь магнитные минералы из смеси.

Электрические свойства ряда минералов легко возбуждаются, если их натереть шерстью или кожей. Наэлектризованные таким образом, они притягивают маленькие кусочки бумаги (серу, янтарь).

Кварц, турмалин электризуются при нагревании, причем один конец кристалла заряжается положительно, второй — отрицательно. При охлаждении знаки меняются.

Люминесценция — свойство минералов светиться под воздействием внешних агентов: при нагревании, царапании, разламывании, освещении и т. д. Различают следующие виды свечения:

– *флюоресценция* (или собственно люминесценция) — свечение в момент воздействия. Цвет свечения одного и того же минерала может меняться и по окраске, и по силе свечения, что зависит от многих причин. Например, алмаз в катодных лучах светится ярким голубым, реже — красным;

– *фосфоресценция* — свечение после воздействия. Некоторые разности светятся в темноте, если этому предшествовало облучение солнечным светом. Так же ведет себя флюорит. После нагревания светится апатит, флюорит, барит и др.;

– *термолюминесценция* — свечение при нагревании. Некоторые разности окрашенных флюоритов начинают светиться уже при 60°C, но при достаточно высоких температурах свечение исчезает;

– *триболюминесценция* — свечение при механическом воздействии (царапании, разламывании), ее обнаруживают сфалерит, мусковит и др.

Горючесть и запах. Самородная сера, ряд сернистых минералов, каоустобиолиты загораются, издавая характерные запахи. Запахи могут ощущаться при выбивании искр, разбивании и стирании: кремьень, мышьяковистые минералы, сера, флюорит и др. При смачивании водой каолин издает «запах печки». Многие каоустобиолиты пахнут сами по себе (асфальт, озокерит, нефть).

Запахи ряда минералов являются следствием захвата пахучих веществ при формировании, т. е. запах может быть генетическим признаком, отражающим особые условия формирования минерала (пахучие известняки, халцедоны, флюориты, кварцы).

Вкус ощущается только у растворимых в воде минералов (например, галит — соленый, сильвин — горьковато-соленый, эпсомит — горький, квасцы — кислые, вяжущие).

Гигроскопичность — способность увлажняться, поглощая влагу из воздуха. При этом легкорастворимые минералы расплываются (галит, карналит), нерастворимые липнут к языку, влажным губам (каолин, кремнезем в виде опоки, трепела, гейзерита).

Упругость — способность изменять форму при внешнем воздействии, но обретать ее после устранения нагрузки (слюды).

Хрупкость — способность крошиться под давлением (например, блеклые руды крошатся при резании ножом).

Ковкость — приобретение пластичности при разогреве в результате механического воздействия. Ковких минералов немного. Это, прежде всего самородное золото, платина, серебро.

Прозрачность — способность пропускать свет в тонких пластинах. По степени прозрачности выделяют минералы:

- прозрачные (через них ясно видны предметы: горный хрусталь, гипс, мусковит);
- полупрозрачные (через них видны лишь очертания предметов: халцедон, опал);
- просвечивающие (пропускают свет в очень тонких пластинах, но предметы через них различить нельзя: полевые шпаты);
- непрозрачные (совсем не пропускают свет: пирит, магнетит).

Реакция с соляной кислотой: минералы класса карбонатов легко распознаются по взаимодействию с 10%-й кислотой. Кальцит и арагонит бурно вскипают в капле холодной кислоты. Доломит вскипает в кислоте только в порошке.

Двулучепреломление — свойство, обусловленное асимметрией кристалла, наиболее хорошо выражено у исландского шпата (прозрачного кальцита). Изображение, рассматриваемое через кристалл, двоится.

Под генезисом понимают способ и условия формирования минералов в природе. Определить генезис отдельного минерала удастся далеко не всегда. Обычно генезис минерала связывают с генезисом породы, которую он слагает. В этом плане выделяют минералы магматических, метаморфических и осадочных пород.

Магматические горные породы, как и слагающие их минералы, формируются из магматического расплава при застывании магмы в недрах (интрузивные) и на поверхности (эффузивные) Земли. Магматические породы в основном слагаются силикатами и по содержанию кремнекислоты делятся на: кислые (более 65% SiO_2), кварц-полевошпатовые породы группы гранита-липарита; средние (65—52% SiO_2) бескварцевые породы, состоящие из натриево-кальциевых плагиоклазов с содержанием 15—30% темноцветных минералов (роговая обманка, авгит, биотит), представленные группой

диорита — андезита; основные (52—54% SiO₂) — группа габбро-базальта (долерита), состоящая из основных плагиоклазов и цветных минералов, среди которых типичны — пироксены. Ультраосновные (менее 45—40% SiO₂) бесполовошпатовые породы сложены преимущественно магнезиально-железистыми силикатами (оливином и пироксином). Сюда относятся породы группы перидотита — пикрита.

Изверженные породы формируются на глубине в главную стадию кристаллизации. По мере их формирования происходит постепенное объединение расплава и обогащение другими элементами.

При кристаллизации остаточного расплава образуются особые породы, называемые *пегматитами*. Они слагают жилы и характеризуются крупным кристаллом. Наиболее распространены пегматиты гранитного состава, т. е. богатые кварцем и полевым шпатом. Процесс сопровождается выделением летучих компонентов. Насчитывается около 180 минералов пегматитового происхождения, но главнейшими являются кварц, полевые шпаты и слюда. Щелочные пегматиты отличаются отсутствием кварца. Минералы пегматитов образуют группу минералов *пегматитового генезиса*.

Гидротермальные минералы выделяются из горячих водных растворов или образуются при воздействии этих растворов на боковые породы. Выделяют высоко-, средне- и низкотемпературные гидротермальные образования. Высокотемпературные (300—400°С) жилы обычно сложены грейзенами — породами, состоящими из кварца, сульфидов, флюорита и др. Околожильные формации, обычно средне- и низкотемпературные, почти всегда обогащены серицитом, карбонатами, хлоритом, реже — пиритом и др.

Вулканические минералы по своей сути являются минералами эффузивных образований, формирование которых осуществлялось через аппараты вулканических извержений. Такие минералы возникают за счет вулканических паров и газов, кристаллизации лавы на глубине и при излиянии ее на поверхность при быстром охлаждении в результате гидротермальных процессов. Примерами являются оливин, авгит, роговая обманка, полевые шпаты, нефелин; сера. Широк спектр поствулканических гидротермальных минералов, выполняющих пустоты и трещины (цеолиты, кварц, кальцит, халцедон, опал, барит и др.).

Метаморфические горные породы являются результатом сложных преобразований в составе и строении минералов и горных пород в связи с воздействием на них высоких температур и давлений. Глубину процесса определяет степень метаморфизма.

Для низкой и очень низкой ступеней метаморфизма типичны голубые сланцы, основным минералом которых является голубая роговая обманка — глаукофан, серпентиниты, филлиты, альбитофиры и некоторые другие породы.

На средней ступени метаморфизации формируются разновидности кристаллических сланцев, гнейсов, амфиболитов, а при частичном плавлении амфиболитов — мигматиты — породы, по минеральному составу очень близкие к гранитам. Основными минералами перечисленных пород являются кварц, полевые шпаты, биотит, хлорит, гранаты, амфиболиты, пироксены, эпидот.

На высшей ступени регионального метаморфизма возникают гранулиты (кварц, ортоклаз, плакиоклаз с гранатом, силлиманит, пироксен, нередко — гранат), а на контакте земной коры и мантии — эклогиты — плотные тяжелые породы, сложенные пироксеном и гранатом (пиропом).

Осадочные горные породы формируются на поверхности Земли (или чуть глубже) из продуктов выветривания, жизнедеятельности организмов посредством осаждения солей из перенасыщенных растворов. Особую группу осадочных пород составляют каустобиолиты — горючие полезные ископаемые, в образовании которых задействованы органические вещества, кислород, водород, азот атмосферы и гидросферы и лучистая энергия Солнца. Осадочные породы покрывают около 75% поверхности континентов, и подавляющая их часть — результат изменения морских осадков. В обломочных породах концентрируются преимущественно продукты физического выветривания, набор минералов в которых весьма разнообразен. В песчаных и алевритовых породах преобладают устойчивые кварц, полевые шпаты, а также гранат, циркон, эпидот, циозит и другие минералы. Глинистые породы сложены глинистыми минералами (каолинитом, иллитом, гидрослюдой, монтмориллонитом и др.), являющими собой продукты преимущественно химического выветривания. Процессы окисления, каолинизации, гидратации, гидролиза и прочие обеспечивают разнообразие минералов в корах выветривания различного типа.

В водоемах аридных зон посредством осаждения формируются залежи хлоридных, сульфатных, гидрокарбонатных и других солей. Биогенные процессы обеспечивают накопление на дне водоемов с нормальной соленостью мощных толщ пород, сложенных кальцитом, арагонитом, опалом; в специфических морских обстановках образуются железо-марганцевые, баритовые конкреции, глаукониты и прочие минеральные образования.

При вторичном изменении осадочных пород возникают *диагенетические минералы*. Посредством диагенеза могут образовываться кальцит, доломит, кремь — в известняковых толщах, гипс — в ангидритах и наоборот — ангидрит в гипсовых пластах, слюды — в глинах и т. д.

Совместное нахождение минералов в природе, обусловленное их близким происхождением, именуется *парагенезисом*. Минералы сходного генезиса составляют парагенетический ряд. Например, с пиритом встречаются золото, сидерит, лимонит, гетит, гематит, ярозит, галенит, халькопирит, сфалерит, кварц. Этот набор минералов может относиться к различным, но связанным между собой процессам.

Выделяют несколько групп минералов в соответствии с их химической природой:

– *самородные элементы*. Химически инертные в природных условиях минералы, состав которых в общем отвечает отдельным элементам, но в них могут быть различные примеси, в том числе и типа сплавов и твердых растворов. Насчитывается около 90 таких минералов, которые составляют около 0,1% веса земной коры. В большинстве своем это редкие и очень редкие минералы. К самородным элементам относятся как металлы (золото, платина, медь, серебро), так и неметаллы (алмаз, графит, сера, мышьяк);

– *сульфиды*. Насчитывается около 200 таких минералов (около 0,25% веса земной коры). Наиболее распространены пирит и пирротин. К этому классу относят не только сульфиды, но и селенистые, мышьяковистые, теллуристые, сурьмянистые и другие аналогичные соединения тяжелых металлов. Вода в этих соединениях отсутствует. Характерные признаки: большой удельный вес, металлический блеск, обычно небольшая твердость, типичный цвет — стально-серый, латунно-желтый, серебряно-белый и т. п. Происхождение чаще всего гидротермальное, жильное, но может быть

контактово-метаморфическое и гипергенное. Многие сульфиды (сфалерит, галенит, халькопирит, киноварь и др.) являются важнейшими рудными минералами;

– *сульфаты*. До 260 минералов (0,1% веса земной коры) представляют собой соли серной кислоты. Среди них есть основные и водные соли. Преимущественно светлые, с низкой твердостью минералы, формирующие мощные толщи химических осадков, и продукты окисления сульфидов и серы. Благодаря хорошей растворимости легко теряют и присоединяют воду;

– *галоиды*. Хлористые, фтористые и йодистые соединения, образующие около 100 минералов, представляющих собой соли галогеноводородных кислот. Из них максимально распространены соединения фтора и хлора.

Из хлоридов наиболее распространены соли натрия, калия и магния. Они обычно бесцветны, но могут быть слабо окрашены примесями окислов железа, меди, свинца; легко растворяются в воде, ощутимы на вкус. Медные хлориды — зеленые или синие. Свинцовые хлориды — тяжелые и обладают алмазным блеском. Твердость 2—3. По происхождению это химические осадки аридной среды (соли Na, K, Mg) и продукты реакций в зоне окисления сульфидов (соли Cu, Pb и др.). Наибольшее значение из хлористых солей имеют NaCl — галит, слагающий толщи поваренной соли, а также соли K и Mg.

Из фторидов наиболее распространенным является флюорит (CaF₂). Фтористые минералы светлые, с небольшими удельным весом и твердостью. Чаще всего их происхождение магматическое и гидротермальное.

– *фосфаты*. Вместе с арсенатами и ванадатами по массе слагают 0,7% земной коры (около 350 минералов). Это основные и водные соли фосфорной кислоты. Многие минералы являются весьма редкими, трудно диагностируются. В большинстве — инертные, формируются в поверхностной зоне при участии органики, хотя могут быть и глубинными;

– *карбонаты*. Соли угольной кислоты слагают до 1,8% массы земной коры. Известно около 80 минералов, но максимально распространены карбонаты Ca и Mg. Отличаются небольшой твердостью, неметаллическим блеском, светлой окраской. Удельный вес определяется химическим составом. Все карбонаты достаточно

легко вскипают в соляной кислоте, выделяя CO_2 . Это их главный диагностический признак. В большинстве гипергенные, биогенные. Гидротермальные карбонаты приурочены к жилам, зонам контактового метасоматоза, могут выполнять миндалины в эффузивах, выделяться из минеральных источников. Накапливаются в современных морях и океанах, контролируя углекислотную систему этих водоемов. Имеют большое практическое значение как руды и строительный материал;

– *окислы*. Около 200 минералов из класса окислов слагают примерно 17% земной коры. Наиболее распространенным окислом является кварц (13%). Достаточно широко распространены и окислы железа (более 3%). Это главнейшая породообразующая группа минералов. Часто встречаются в виде хорошо образованных кристаллов, но могут быть и скрытокристаллическими и аморфными. Подвержены изоморфизму. Минералов с металлическим блеском среди окислов почти нет. Структуры разные, отражаются в разнообразии свойств. Твердость обычно более 5,5. Образуются при эндогенных и экзогенных процессах. Наиболее твердые и устойчивые накапливаются в россыпях. Многие окислы являются важнейшими рудами железа, хрома, марганца, алюминия, титана, олова, тантала, урана, редких земель;

– *силикаты*. Наиболее многочисленная (около 800) группа породообразующих минералов, слагающая до 80% массы земной коры. Силикаты имеют сложный химический состав. Главные их компоненты — Si, Al, Fe, Mg, Ca, Na, K, реже — Mn, F, B и др.

Основной структурный элемент силикатов — кремнекислородный остаток $[\text{SiO}_4]^{4-}$.

Горные породы — природные агрегаты минералов относительно постоянного минералогического и химического состава, которые образуют самостоятельные геологические тела, слагающие земную кору. Изучением горных пород занимается наука петрография (от греч. *πέτρος* — скала, камень, *γράφω* — пишу).

Всего в земной коре содержится около 1 000 различных горных пород.

По минеральному составу породы делятся на мономинеральные, состоящие из одного минерала (мрамор, известняк, кварцит) и полиминеральные, состоящие из нескольких минералов (гранит, базальт, гнейс и др.). Большинство горных пород относится к полиминеральным.

Минералы, слагающие основную массу горной породы (95% и более), содержащиеся в ней в определенных количествах и влияющие на отнесение ее к тому или иному виду, являются главными пороодообразующими. Кроме них, в горных породах могут присутствовать второстепенные минералы, часто ценные в практическом отношении, но не влияющие на их диагностику.

Каждая горная порода образуется в строго определенных физико-химических условиях. Для определения любой горной породы используют три основных признака: минеральный состав, структуру и текстуру.

Под **структурой** понимают строение породы, т. е. степень кристалличности минерального агрегата, форму, размеры и взаимоотношения входящих в его состав зерен минералов.

Текстура представляет собой сложение породы, т. е. взаимное расположение слагающих ее зерен минералов. Минеральный состав, структура и текстура горной породы обусловлены ее происхождением.

По своему происхождению (генезису) горные породы подразделяются на три класса: магматические низверженные, осадочные и метаморфические.

Магматические горные породы образуются при застывании природных силикатных растворов сложного состава (магм, лав). Они слагают более 60% объема земной коры.

В зависимости от условий, в которых происходит застывание магмы, магматические горные породы делятся на две группы: интрузивные и эффузивные.

Интрузивные, или *глубинные*, горные породы образуются при застывании магмы, внедрившейся в земную кору. Они подразделяются на собственно глубинные (абиссальные), образовавшиеся из магмы на больших глубинах (3—5 км и более), и полуглубинные (гипабиссальные), образовавшиеся при застывании магмы вблизи земной поверхности (на глубинах до 2—3 км).

На больших глубинах господствует высокое давление, препятствующее отделению летучих компонентов (газов, паров воды). Застывание магмы происходит очень медленно из-за плохой теплопроводности вмещающих магму пород. Такие условия способствуют лучшему росту кристаллов. Поэтому структура таких пород полнокристаллическая (породы полностью состоят из зерен, входящих в них минералов, плотно прилегающих друг к другу), равномерно зернистая.

В зависимости от величины зерен полнокристаллические породы могут иметь структуру крупнозернистую (зерна более 5 мм в поперечнике), среднезернистую (2—5 мм) и мелкозернистую (менее 2 мм). Если зерна не различимы простым глазом, структуру называют скрытокристаллической.

Для глубинных пород характерна крупно-, реже среднезернистая структура. Текстура их плотная, массивная (однородная). На небольших глубинах магма застывает быстрее, поэтому условия кристаллизации менее благоприятны.

Структура полуглубинных пород может быть средне- или мелкозернистой. Особенно характерна для них порфиоровидная структура, представляющая собой вкрапления крупных зерен одного минерала в общую мелкозернистую массу. Возникает порфиоровидная структура следующим образом: при движении магмы на больших глубинах в ней успевают выкристаллизоваться отдельные минералы. Оставшаяся масса, достигая небольших глубин, быстро застывает, превращаясь в мелкозернистую массу.

Если магма, поднимаясь по тектоническим трещинам или через жерла вулкана достигает земной поверхности и изливается в виде лавы, которая быстро остывает, то образуются *эффузивные*, или излившиеся горные породы. Быстрое снижение температуры и давления, потеря уходящих в атмосферу газов и паров воды приводят к тому, что расплав не успевает раскристаллизоваться полностью и затвердевает в виде аморфного вулканического стекла или в форме агрегата очень тонких зерен.

Структура эффузивных пород может быть стекловатой (аморфной, лишенной зернистости), скрытокристаллической (кристаллы различимы только под микроскопом) и порфиоровой. Последняя возникает при медленном подъеме магмы с больших глубин к земной поверхности.

В порфиоровой структуре достаточно крупные зерна отдельных минералов (вкрапленники) выделяются на фоне основной скрытокристаллической или стекловатой массы.

Текстура эффузивных пород пористая, обусловленная выделением газов из застывающей лавы.

Интрузивные и эффузивные породы, возникшие из аналогичной по составу магмы, имеющие близкий минеральный состав и отличающиеся только по структуре и текстуре, называют аналогами.

Интрузивные и эффузивные породы отличаются не только текстурой, но и формами залегания. Интрузивные породы залегают в виде батолитов, штоков, лакколлитов, жил; для эффузивных пород характерны купола, покровы, потоки.

Батолиты — наиболее крупные магматические тела неправильных очертаний с круто опускающимися неровными краями. Постепенно расширяясь, батолит уходит своим основанием на большую глубину. Обнажаются батолиты на поверхности земли лишь после разрушения и сноса покрывающих их горных пород. Площадь выхода батолитов на поверхность очень большая и часто измеряется десятками и сотнями квадратных километров.

Штоки — ответвления от батолитов, имеющие сравнительно небольшие размеры и неправильную форму, приближающуюся к цилиндрической (диаметр — 10—15 км).

Лакколиты — грибообразные или караваеобразные магматические тела, образовавшиеся на небольшой глубине при внедрении магмы в толщу осадочных пород. После разрушения и сноса вышележащих пород лакколиты выходят на поверхность в виде невысоких, округлой формы гор. Примером типичного лакколита является гора Аю-Даг в Крыму.

Жилы — пластинообразные геологические тела, образовавшиеся в результате осаждения минерального вещества или остывания магмы в трещинах земной коры. В трещины из глубоких недр могут проникать расплавленные магматические массы, водяные пары и различные газы или горячие водные растворы. В соответствии с этим жилы разделяют на пегматитовые, пневматолитовые и гидротермальные.

Пегматитовые жилы образуются в результате заполнения трещин минералами, которые выделились при остывании магмы, обогащенной летучими компонентами (парами воды, газами).

Пневматолитовые жилы возникают, когда процесс минералообразования происходит из летучих соединений, выделившихся из магмы и поступающих в трещины земной коры.

Гидротермальные жилы образуются при заполнении трещин минералами, выпавшими в осадок из горячих водных растворов.

В жилах встречается большое количество минералов. Многие из них имеют практическое значение: их используют в качестве полезных ископаемых.

В пегматитовых жилах содержатся кварц, полевые шпаты, слюда, горный хрусталь, драгоценные камни (топаз, берилл, изумруд), а также минералы, содержащие радиоактивные и редкоземельные элементы.

В пневматолитовых жилах содержатся, например, топаз, флюорит, вольфрамит, молибденит.

С гидротермальными жилами связаны месторождения рудных минералов: галенита, сфалерита, халькопирита, а также золота, серебра.

Купола — сводообразные слоистые формы, образованные застывшей лавой.

Покровы образуются при излиянии из трещин земной коры большого количества жидкой лавы (обычно базальтовой), а *потоки* — при излиянии лавы из вулкана. По размерам потоки значительно меньше покровов.

Магматические горные породы подразделяются по содержанию в них кремнезема на кислые, средние, основные и ультраосновные.

Кислые породы отличаются очень высоким содержанием кремнезема (65—75%). В их состав входит мало цветных минералов, поэтому они имеют светлую окраску. Для кислых пород характерно присутствие кварца, полевых шпатов (ортоклаза и микроклина), слюды, роговой обманки. Плотность кислых пород около 2,7.

Гранит (от лат. *granum* — зерно) — распространенная глубинная кислая порода. Структура обычно равномернозернистая, полнокристаллическая. Текстура массивная, плотная. Породообразующими минералами гранита являются кварц, полевые шпаты, слюда (мусковит), реже роговая обманка, авгит. Основная окраска гранита зависит от цвета полевых шпатов. Она может быть серой, красной и другой. Плотность 2,5—2,7. Граниты залегают в форме батолитов.

Важной разновидностью гранита является *рапакиви* (в переводе с финского — *гнилой камень*; он легко разрушается под действием атмосферы). Рапакиви обладает порфировой структурой, когда на фоне основной массы видны более крупные зерна.

Месторождения гранита есть в Беларуси — в Микашевичах и Глушковичах. Используют граниты в качестве строительного материала.

Липарит — излившийся аналог гранита с порфировой структурой. Основная масса обычно стекловатая, реже скрытокристаллическая. Вкрапленники представлены кварцем, полевыми шпатами,

слюдой (биотитом) и другими минералами. Липариты окрашены в светлые тона: белый, желтый, светло-серый. Красноватый липарит, содержащий перекристаллизованное стекло, называется **кварцевым порфиром**. Липарит используется в качестве заполнителя бетонов, стенового и облицовочного камня.

Средние породы содержат 55—65% кремнезема. Для них характерна светлая окраска, на фоне которой выделяются темноцветные вкрапления.

Сиенит — глубинная порода, состоящая главным образом из ортоклаза и роговой обманки, может включать авгит, биотит. Структура полнокристаллическая, обычно среднезернистая. С сиенитом связаны месторождения магнетита, меди, золота и др.

Сиениты широко распространены в Восточной Сибири, на Урале и других местах, используются в качестве облицовочного камня. *Трахит* по составу соответствует сиениту. Имеет порфировую структуру и пористую текстуру. Цвет светло-желтый, светло-серый, розовый.

Основные породы содержат 40—55% кремнезема. Главными пороодообразующими минералами являются пироксены и плагиооклазы, могут присутствовать роговая обманка, биотит и оливины. Это в основном темноцветные минералы, придающие породе темную окраску.

Габбро — глубинная полнокристаллическая порода с крупно- и среднезернистой структурой. Состоит из пироксена, роговой обманки и плагиоклаза.

Разновидность габбро, почти полностью состоящая из лабрадора, называется *лабрадоритом*. Цвет габбро бывает серым, зеленовато-серым, черным. Габбро залегает в виде крупных лакколитов и потоков, в больших количествах встречается на Урале, в Карелии и других местах.

К интрузиям габбро приурочены месторождения руд меди, титана, никеля и др. Габбро используют в качестве строительного и облицовочного камня высокой прочности.

Базальт — излившийся аналог габбро, обладающий мелкозернистой или скрыто кристаллической структурой черного цвета. Залегает в виде обширных покровов и потоков. Для него характерны столбчатые шестигранные отдельности. Базальт широко распространен во всех вулканических районах. С базальтом связаны

месторождения магнетита, Базальт применяют как строительный и кислотоупорный материал.

Ультраосновные породы содержат кремнезема менее 40%. Они состоят в основном из силикатов, богатых оксидами железа и магния. Плотность 3,1—3,2. В их составе обычно преобладает оливин, поэтому цвет этих пород от темно-зеленого до черного. С ультраосновными породами связаны месторождения платины, золота, алмазов, кобальта и др.

Дунит — глубинная полнокристаллическая порода, состоящая в основном из оливина с примесью хромита и магнетита. Цвет породы черный, темно-зеленый, плотность — около 2,7.

К районам распространения дунита нередко приурочены месторождения руд хрома и платины. Используют дунит в качестве огнеупорного материала.

Вопросы для самоконтроля

1. Назовите математические модели, используемые для определения формы Земли.
2. Какие данные позволили людям определить форму нашей планеты до космических полетов?
3. Какое географическое значение имеет форма Земли?
4. Как вращение Земли вокруг оси влияет на нагревание земной поверхности?
5. Приведите примеры суточных ритмов в жизни различных живых организмов.
6. В чем разница между местным и всемирным временем?
7. Какие существуют системы календаря?
8. Дайте определение терминам «платформы» и «подвижные пояса земной коры».
9. Дайте определение следующим терминам: равнина, возвышенность, плато, плоскогорье, нагорье, горы, горные системы, хребет, кряж, низкогорье, высокогорье, низменность, впадина.
10. Какие формы рельефа оставили ледники?
11. Дайте определение глобуса и карты.
12. Назовите основные виды картографических проекций. В каких проекциях составлены карты полушарий, мировая карта и карта материков?
13. Дайте определение понятия «масштаб». Назовите виды масштабов.
14. Дайте определение понятия «азимут».
15. В чем разница между минералом и горной породой?

Атмосфера — газовая оболочка Земли, которая в настоящее время состоит из нескольких химических компонентов (табл. 5).

Т а б л и ц а 5 — Химический состав атмосферы

| Газ | Объемное содержание, % |
|--|------------------------|
| Водород Н ₂ | $\sim 2 \cdot 10^{-5}$ |
| Кислород О ₂ | 21 |
| Озон О ₃ | $\sim 10^{-5}$ |
| Азот N ₂ | 78 |
| Углекислый газ СО ₂ | $3 \cdot 10^{-5}$ |
| Водяной пар Н ₂ О | $\sim 0,1$ |
| Угарный газ СО | $1,2 \cdot 10^{-4}$ |
| Метан СН ₄ | $1,6 \cdot 10^{-4}$ |
| Аммиак NH ₃ | $\sim 10^{-5}$ |
| Двуокись серы SO ₂ | $\sim 5 \cdot 10^{-9}$ |
| Гелий He | $5 \cdot 10^{-4}$ |
| Неон Ne | $1,8 \cdot 10^{-3}$ |
| Аргон Ar | 0,9 |
| Криптон Kr | $1,1 \cdot 10^{-4}$ |
| Ксенон Xe | $8,7 \cdot 10^{-6}$ |
| <i>Примечание.</i> Средняя молекулярная масса атмосферы составляет 28,8. | |

Газовый состав атмосферы формировался параллельно с развитием Земли в специфических условиях гравитационного и магнитного полей и вращения планеты.

На формирование атмосферы также влияют выделение газов из коры и мантии и их улетучивание в космическое пространство, реагирование с водой гидросферы и минералами литосферы, расщепление молекул газа солнечной радиацией и, главное на современном этапе, биохимические реакции поглощения и выделения газов организмами.

В начале геологической истории Земля создала вторичную углекислую атмосферу. Образование углекислой атмосферы произошло во многом благодаря магнитосфере.

Углекислый газ (CO_2) выделялся из недр Земли при интенсивном тогда вулканизме. В этой древней атмосфере и зародилась жизнь.

С развитием живого вещества развивалась и атмосфера. Когда она достигла стадии зеленых растений, которые начиная с девона, вышли на сушу, начался один из наиболее важных природных процессов — фотосинтез и сформировалась современная кислородная атмосфера.

Процесс фотосинтеза схематически можно выразить в следующем виде:



В фотосинтезе участвуют CO_2 и вода. Из четырех частей воды возвращается в окружающую среду три части, или 75%, а одна часть, или 25%, разлагается растениями и изымается из влагооборота; при этом всегда выделяется свободный кислород. Главным источником свободного кислорода в географической оболочке служит вода.

Роль свободного кислорода в природе исключительно велика. Кислород необходим для второго, после фотосинтеза, жизненного акта — дыхания. За счет кислорода живые организмы получают энергию, необходимую для выполнения многих биологических функций. Кислород входит в состав белков, жиров и углеводов, из которых состоят организмы.

Атмосфера содержит около 10^{15} т кислорода. Столько же кислорода проходит через живое вещество: животные поглощают кислород и выделяют углекислый газ, а растения вновь разлагают CO_2 , возмещая убыль кислорода. Два этих процесса — фотосинтез и дыхание — поддерживают газовый режим атмосферы. Нарушение газового режима атмосферы чревато многими экологическими опасностями для всех живых существ.

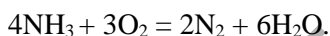
Кислород в атмосфере представлен также озоном (O_3), который образуется при расщеплении молекулы кислорода O_2 ультрафиолетовыми лучами и электрическими зарядами на атомы и соединении образовавшегося атома с молекулой:



Озон — неустойчивый газ и сильный окислитель. У земной поверхности его количество ничтожно; но оно увеличивается после грозы. Главная же масса озона сосредоточена на высотах от 10 до 60 км

с максимальной концентрацией в пределах 22—25 км, где он создает озоновый экран. Но и там количество озона невелико: при плотности воздуха, свойственной приземной атмосфере, озон образовал бы слой всего в 2,5—5,2 мм (в зависимости от географической широты и времени года). Роль же озона в географической оболочке чрезвычайно велика: отражая ультрафиолетовую радиацию, он предохраняет живые организмы от ее губительного воздействия.

Азот (N) — один из самых распространенных элементов в земной атмосфере; причем в отличие от кислорода, главная его масса находится в свободном состоянии — $4 \cdot 10^{15}$ т. Первичным источником кислорода на Земле мог бы быть аммиак:



Азот принадлежит к числу важнейших биогенных элементов; он входит в состав белков и нуклеиновых кислот. Круговорот азота в географической оболочке осуществляется главным образом микроорганизмами — азотфиксирующими, нитрофицирующими и денитрофицирующими.

Азот в атмосфере играет также и роль разбавителя кислорода, регулируя темп окисления и, следовательно, скорость и напряженность биологических процессов.

Углекислый газ (CO_2) поступает в атмосферу из вулканов, в результате горения и как продукт дыхания животных и разложения органических соединений. Фотосинтез растений и дыхание животных поддерживают относительное равновесие в атмосфере кислорода и углекислого газа. Однако в крупных промышленных центрах содержание CO_2 существенно увеличивается.

Углекислый газ играет в географической оболочке очень важную роль. Он идет на образование живого вещества. Углекислота атмосферы палеозоя законсервирована в каменноугольных отложениях карбона. Вместе с водяным паром CO_2 создает так называемый «парниковый эффект»: пропускает к земной поверхности световую радиацию и задерживает, подобно стеклам оранжереи, длинноволновое тепловое излучение. Увеличение количества углекислого газа может привести к потеплению климата, таянию материковых и горных ледников и повышению уровня Мирового океана.

Обязательной составной частью воздуха нижней атмосферы является вода. В атмосфере она находится в газовой фазе (в виде пара), в жидкой фазе (в виде капель облаков и дождя) и в твердой фазе (в виде кристаллов снега и града).

Почти вся атмосферная влага, около 90%, сосредоточена в нижнем пятикилометровом слое тропосферы.

Нижние, более всего загрязненные, слои воздуха содержат минеральную пыль, продукты горения, вулканическую пыль, семена, споры и пыльцу растений, а также мельчайшие частицы морской соли, попадающие в воздух при разбрызгивании морской воды прибоем. Соль и некоторые другие взвешенные частицы, например продукты горения, играют роль ядер конденсации водяного пара в воздухе.

В верхнюю атмосферу проникает космическая пыль, в том числе и образующаяся при сгорании метеоритов. Подсчитано, что за год на Землю падает около 1 000 т космической пыли.

Частицы, взвешенные в воздухе, называются атмосферными аэрозолями. В связи с хозяйственной деятельностью человека количество аэрозолей постоянно возрастает и, следовательно, увеличивается мутность атмосферы.

Воздушная оболочка Земли (атмосфера) находится под совместным и противоречивым воздействием с одной стороны Земли, а с другой — Солнца. Этим обстоятельством, а также свойствами газов, слагающих атмосферу, объясняется ее современное строение. Как и все другие сферы Земли, атмосфера состоит из концентрических слоев: тропосферы, стратосферы, мезосферы, термосферы и экзосферы. В географическую оболочку входят только тропосфера и нижняя часть стратосферы.

Нижней границей атмосферы условно считается поверхность суши и океанов, хотя и почвенный, и растворенный в воде воздух взаимодействует с атмосферой.

Так как газ сжимаем, то в направлении вверх плотность воздуха постепенно уменьшается, и верхняя весьма разреженная атмосфера без четкой границы переходит в межпланетное пространство.

Тропосфера (от греч. *τροπή* — поворот) — слой атмосферы, непосредственно примыкающий к земной поверхности, нагреваемой Солнцем. Высота тропосферы определяется интенсивностью вертикальной конвекции — восходящих и нисходящих токов воздуха, вызванных нагреванием Земли. В экваториальных широтах

конвекционные токи поднимаются до высоты 17 км, в умеренных — до 11 км, а в полярных — до 8 км. На этих высотах находится верхняя граница тропосферы. Средняя мощность ее составляет примерно 11 км.

Мощность тропосферы изменяется не только с широтой, но и в зависимости от температуры воздуха при смене погод, с чем, собственно, связана интенсивность конвекции.

В тропосфере находится 80% всей массы воздуха, причем половина его сосредоточена в нижнем пятикилометровом слое. Если у земной поверхности давление воздуха 1 013 мБ. То близ верхней границы тропосферы оно равно около 280 мБ, т. е. уменьшается в четыре раза. Такую малую плотность воздуха могут переносить только микроорганизмы.

Географически чрезвычайно важным является тепловой режим тропосферы. Солнечные лучи проходят через нее, не нагревая воздуха. Источником тепла служит земная поверхность, нагретая Солнцем. Это, с одной стороны, создает конвекционные токи, а с другой — вызывает падение температуры с высотой за счет адиабатического охлаждения поднимающегося воздуха. Уменьшаясь в среднем на 6°С на каждый километр, температура вверх тропосферы снижается над экватором до минус 70°С, а над северным полюсом до минус 45°С и ниже.

Влияние земной поверхности простирается до 20 км, а далее нагревание воздуха происходит непосредственно Солнцем, и действует особая термодинамическая система, независимая от земной поверхности. Таким образом, принадлежность 20-километрового слоя к географической оболочке обозначается как распространением живых организмов, так и тепловым воздействием земной поверхности. На этой высоте исчезают широтные различия в температуре воздуха и географическая зональность размывается.

Над тропосферой располагается *тропопауза*, представляющая собой тонкий переходный слой мощностью около одного километра.

Над тропопаузой находится стратосфера (от. греч. *στράτος* — слой).

Стратосфера начинается на тех высотах (8 км над полюсами и 16—18 км над экватором), за которые не распространяются конвекционные токи, хотя обмен воздухом между тропосферой и стратосферой происходит. В стратосфере содержится менее 20% воздуха атмосферы.

Падение температур в стратосфере прекращается; в нижней стратосфере (примерно до 20 км) температура остается постоянной (около минус 60°C — минус 70°C). Выше, до 55 км, температура повышается до нескольких градусов выше нуля. Воздух на этой высоте нагревается непосредственно солнечными лучами: озон поглощает солнечную радиацию, причем на ультрафиолетовом, наиболее энергичном участке спектра.

В пределах стратосферы, как ранее упоминалось, находится озоновый слой. Озоновый экран, который устанавливает предел распространению живых организмов и тепловому влиянию земной поверхности, и является верхней границей биосферы и географической оболочки в целом. В стратосфере происходит интенсивная вертикальная и горизонтальная циркуляция воздуха, вызванная неоднородным распределением в ней тепла.

Над нагретым слоем верхней атмосферы, после *стратопавзы*, т. е. выше 55 км, лежит *мезосфера*, простирающаяся до высоты 80 км. В ней температура вновь падает до минус 90°C.

На высотах от 80 до 90 км находится *мезопавза* с постоянной температурой — около 180°C.

Над мезопавзой расположена *термосфера*, простирающаяся до 800—1 000 км. Температура в термосфере устойчиво повышается: на высоте 150 км до 220°C, а на уровне 600 км до 1 500°C.

В термосфере под действием интенсивной ультрафиолетовой радиации Солнца постоянно нарушается строение молекул и атомов газов: от электронных оболочек отрываются некоторые электроны, в пространстве находятся и целые атомы и атомы, потерявшие электроны, и отдельные электроны — такое состояние вещества называется **плазмой**. Процесс расщепления атомов и образования заряженных электронов называется **ионизацией**. Из-за накопления заряженных частиц термосферу называют еще и ионосферой. Главный максимум ионизации приурочен к высотам 300—400 км.

По отношению в биосфере термосфера (ионосфера) выполняет защитную роль. Поглощая рентгеновское излучение, термосфера защищает жизнь от вредного воздействия солнечной короны.

Выше 1000 км начинается внешняя атмосфера, или *экзосфера*, простирающаяся до 2 000—3 000 км. В экзосфере скорость движения газов приближается к критической — 11,2 км / час, и они рассеиваются в межпланетное пространство.

Водород, преодолевающий земное притяжение, образует около Земли корону, заканчивающуюся на высотах в 20 000 км.

Тропосферу и нижнюю стратосферу называют *нижней атмосферой*, а все более высокие слои — *верхней атмосферой*. На высотах 20—30 км иногда можно видеть перламутровые облака, образованные, вероятно, слоем космической пыли. В верхней мезосфере и в мезопаузе (на высоте около 80 км) изредка в сумерки видны серебристые облака. Природа их еще не изучена, но полагают, что они состоят из редко расположенных ледяных кристаллов. В слое ионизации образуется полярное сияние. Этот же слой, отражая радиоволны, обеспечивает дальнюю радиосвязь на Земле.

В атмосфере могут наблюдаться различные явления, имеющие физическую природу (табл. 6)

Солнечная радиация (солнечное излучение) — вся совокупность солнечной материи и энергии, поступающей на Землю. Солнечная радиация состоит из следующих двух основных частей: тепловой и световой радиации, представляющей собой совокупность электромагнитных волн, и корпускулярной радиации.

На Солнце тепловая энергия ядерных реакций переходит в лучистую энергию. При падении солнечных лучей на земную поверхность лучистая энергия снова превращается в тепловую энергию. Таким образом, солнечная радиация несет свет и тепло.


Солнечная радиация — важнейший источник тепла для географической оболочки. Вторым источником тепла для географической оболочки является тепло, идущее от внутренних слоев нашей планеты.

Количество солнечного тепла и света, поступающее на единицу площади, определяется углом падения лучей, зависящим от высоты Солнца над горизонтом, и продолжительностью дня.

Наклон оси вращения и годовое движение Земли обуславливают ассиметричное ее облучение Солнцем. В январскую часть года больше тепла получает Южное полушарие, в июльскую — северное. Именно в этом заключается главная причина сезонной ритмики в географической оболочке.

Разница между экватором и полюсом летнего полушария невелика: на экватор поступает $6\,740 \text{ МДж} / \text{м}^2$ ($161 \text{ ккал} / \text{см}^2$), а на полюс — около $5\,560 \text{ МДж} / \text{м}^2$ ($133 \text{ ккал} / \text{см}^2$ в полугодие). Зато полярные страны зимнего полушария в это же время вовсе лишены солнечного тепла и света.

Т а б л и ц а 6 — Атмосферные явления и их описания

| Атмосферное явление | Условный знак | Краткое описание |
|------------------------------|---|---|
| <i>Осадки</i> | | |
| Обложной дождь | • | Выпадает в виде капель различного размера. Отдельные капли на сухой доске оставляют след в виде мокрого пятна; попадая в воду, всегда оставляют след в виде расходящегося круга |
| Ливневый дождь |  | Дождь, отличающийся внезапным началом и резким нарастанием интенсивности. Ливневый дождь в некоторых случаях сопровождается грозой |
| Град | ▲ | Выпадает в виде кусочков разнообразных форм и размеров, чаще всего диаметром около 5 мм. Ядра градин обычно непрозрачны |
| Морось | · | Выпадает в виде очень мелких капелек. Падение их почти незаметно для глаза: они взвешены в воздухе и участвуют даже в слабом его движении. Капли мороси оседают, поэтому поверхность сухой доски намокает медленно и равномерно |
| Роса | ▭ | Капельки воды, выделяющиеся на поверхности земли, на растениях и предметах в результате соприкосновения влажного воздуха с более холодной с поверхностью при температуре выше 0°С |
| <i>Туманы</i> | | |
| Туман | ◦ | Наличие в воздухе очень мелких, не различимых глазом капелек воды. Небо не просвечивает. Видимость менее 1 000 м |
| Дымка | = | Слабое помутнение атмосферы, вызываемое присутствием мельчайших капелек воды. Горизонтальная видимость — 1 000 м и более, но менее 10 км |
| <i>Электрические явления</i> | | |
| Гроза | ◻ | Электрические разряды в атмосфере, проявляющиеся в виде молнии, сопровождаемой громом |
| Зарница | (◻) | Отдаленная молния без грома |

Окончание табл. 6

| Атмосферное явление | Условный знак | Краткое описание |
|------------------------------|---------------|--|
| <i>Оптические явления</i> | | |
| Радуга | ☾ | Цветная радуга наблюдается на фоне завесы дождя в стороне, противоположной солнцу |
| Гало (круг вокруг солнца) | ☉ | Светлые круги радиусом 22 и 46, центры которых совпадают с центром солнца. Они могут быть окрашены в радужные цвета (красный внутри) |
| <i>Различные явления</i> | | |
| Шквал | ☐ | Внезапное резкое и непродолжительное (в течение нескольких минут) усиление ветра |

Примечание. В таблице приведены атмосферные явления, наблюдающиеся в теплое время года.

В день солнцестояния полюс получает тепла даже больше, чем экватор ($46,0 \text{ МДж} / \text{м}^2$ ($1,1 \text{ ккал} / \text{см}^2$) и $33,9 \text{ МДж} / \text{м}^2$ ($0,81 \text{ ккал} / \text{см}^2$)).

Таким образом, соллярный климат на полюсах в годовом выводе в 2,4 раза холоднее, чем на экваторе. Однако надо иметь ввиду, что зимой полюсы вообще не нагреваются Солнцем.

Реальный климат всех широт во многом обязан земным факторам. Главнейшие из них — ослабление радиации в атмосфере и разное усвоение ее земной поверхностью в различных географических условиях.

Прямые солнечные лучи, пронизывающие атмосферу при безоблачном небе, называются **прямой солнечной радиацией**. Максимальная ее величина при высокой прозрачности атмосферы на перпендикулярной лучам поверхности в тропическом поясе равна около $1,05\text{—}1,19 \text{ кВт} / \text{м}^2$ ($1,5\text{—}1,7 \text{ ккал} / \text{см}^2 \cdot \text{мин}$). В средних широтах напряжение полуденной радиации обычно составляет около $0,70\text{—}0,98 \text{ кВт} / \text{м}^2 \cdot \text{мин}$ ($1,0\text{—}1,4 \text{ ккал} / \text{см}^2 \cdot \text{мин}$). В горах оно увеличивается.

Часть солнечных лучей от соприкосновения с молекулами газов и аэрозолями рассеивается и переходит в рассеянную радиацию. На земную поверхность рассеянная радиация поступает уже не от

солнечного диска, а от всего небосвода и создает повсеместную дневную освещенность. От нее в солнечные дни светло и там, куда не проникают прямые лучи (например, под пологом леса). Наряду с прямой радиацией рассеянная радиация также служит источником тепла.

Абсолютная величина рассеянной радиации тем больше, чем интенсивнее прямая. Относительное значение рассеянной радиации возрастает с уменьшением роли прямой: в средних широтах летом она составляет 41%, а зимой — 73% общего прихода радиации. Ее доля зависит от высоты Солнца: в высоких широтах она равна 30%, в полярных — 70% от всей радиации.

В целом же (с участием суточного хода высоты Солнца и облачности неба) на рассеянную радиацию приходится около 25% всего потока солнечных лучей.

Таким образом, на земную поверхность поступает прямая и рассеянная радиация. В совокупности прямая и рассеянная радиация образуют суммарную радиацию, которая определяет тепловой режим тропосферы.

Поглощая и рассеивая радиацию, атмосфера значительно ее ослабляет. Величина ослабления зависит от коэффициента прозрачности, показывающего, какая доля радиации доходит до земной поверхности. Если бы тропосфера состояла бы только из газов, то коэффициент прозрачности был бы равен 0,9, т. е. она бы пропускала бы 90% идущей к Земле радиации. Но в воздухе всегда присутствуют аэрозоли, снижающие коэффициент прозрачности до 0,7—0,8. Прозрачность атмосферы изменяется вместе с изменением погоды.

Так как плотность воздуха падает с высотой, то слой газа, пронизываемого лучами, нельзя выражать в километрах толщины атмосферы. В качестве единицы измерения принята оптическая масса, равная мощности слоя воздуха при вертикальном падении лучей.

Ослабление радиации в тропосфере легко наблюдать в течение суток. Когда Солнце находится около горизонта, то его лучи пронизывают несколько оптических масс. Их интенсивность при этом так ослабевает, что на Солнце можно смотреть незащищенным глазом. С поднятием Солнца уменьшается число оптических масс, которые проходят его лучи, и интенсивность лучей возрастает.

Количество лучистой энергии, приходящее на единицу земной поверхности, зависит, прежде всего, от угла падения солнечных лучей. На одинаковые площади на экваторе, в средних и высоких широтах приходится различное количество радиации (табл. 7).

Солнечная инсоляция (освещение) сильно ослабляется облачностью. Большая облачность экваториальных и умеренных широт и малая облачность тропических широт вносят значительные коррективы в зональное распределение лучистой энергии Солнца.

Распределение радиации по земной поверхности имеет зонально-региональный характер. Каждая зона распадается на отдельные районы (регионы), несколько отличающиеся один от другого.

Суммарная радиация, достигшая земной поверхности, частично поглощается почвой и водоемами и переходит в тепло. На океанах и морях суммарная радиация расходуется на испарение, частично отражается в атмосферу (отраженная радиация).

Отражательная способность наземных, водных поверхностей называется **альбедо**; исчисляется в процентах отраженной радиации от упавшей на данную поверхность.

На суше альбедо определяется цветом природных поверхностей. Всю радиацию способно усвоить абсолютно черное тело. Зеркальная поверхность отражает 100% лучей и не способна нагреваться. Из естественных поверхностей наибольшим альбедо обладает чистый снег.

Альбедо водной поверхности для прямой радиации зависит от того, под каким углом на нее падают солнечные лучи. Вертикальные лучи проникают в воду глубоко, и она усваивает их тепло. Наклонные лучи от воды отражаются, как от зеркала, и ее не нагревают. Альбедо водной поверхности при высоте Солнца 90° равно 2%, при высоте Солнца 20° — 78%. Для рассеянной радиации альбедо несколько меньше. В связи с тем, что $\frac{2}{3}$ площади земного шара занято океаном, то усвоение солнечной энергии водной поверхностью выступает как важнейший климатообразующий фактор.

В умеренном поясе отражательная способность земной поверхности усиливает разницу между сезонами года. В сентябре—марте Солнце стоит на одинаковой высоте над горизонтом, но март холоднее сентября, так как солнечные лучи отражаются от снежного покрова.

Т а б л и ц а 7 — Среднегодовое поступление солнечной радиации на горизонтальную поверхность в Северном полушарии, Вт / м² в сутки

| Широта, ° с. ш. | 0 | 10 | 20 | 30 | 40 | 50 | 60 | 70 | 80 | 90 |
|--|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| Приход радиации на внешней границе атмосферы | 403 | 397 | 380 | 352 | 317 | 273 | 222 | 192 | 175 | 167 |
| Приход радиации на земную поверхность при ясном небе | 270 | 267 | 260 | 246 | 221 | 191 | 154 | 131 | 116 | 106 |
| Приход радиации на земную поверхность при средней облачности | 194 | 203 | 214 | 208 | 170 | 131 | 97 | 76 | 70 | 71 |
| Радиация, поглощенная земной поверхностью | 181 | 187 | 193 | 185 | 153 | 119 | 88 | 64 | 45 | 31 |

Появление осенью сначала желтых листьев, а затем инея и временного снега увеличивает альбедо и снижает температуру воздуха. Устойчивый снежный покров, вызванный низкой температурой, ускоряет выхолаживание и дальнейшее снижение зимних температур.

Сложный и противоречивый процесс прихода и расхода солнечного радиационного тепла поверхностью земного шара выражается радиационным бюджетом (балансом) — результатом двух противоположных по направленности процессов: прихода и расхода тепла.

Радиационный баланс может быть положительным, когда приход тепла больше расхода, нулевым, когда они уравниваются, и отрицательным, когда потеря тепла (расход) больше прихода.

Суточный ход радиационного баланса заключается в том, что с восходом Солнца начинается приход радиационного тепла, и земная поверхность постепенно нагревается и повышается расход тепла. Максимум радиации бывает в полдень, а максимальный расход на 1—2 часа позднее, поскольку до этого времени почва еще не нагрелась. После 13—14 ч приход и расход тепла снижаются вслед за движением Солнца к закату. Ночью прихода тепла нет, но расход

его продолжается: нагретая за день земная поверхность отдает тепло сначала в большом количестве, а затем все в меньшем и меньшем количестве.

Описанному радиационному режиму соответствует и ход температуры. Самая низкая температура наблюдается перед восходом Солнца, а самая высокая через 1—2 ч после полудня.

Годовой ход радиационного режима и температуры воздуха в принципе соответствует суточному ходу радиационного баланса и температуры. Самая незначительная радиация поступает в декабре, а самая низкая температура наблюдается в январе (годовое утро); максимум радиации приходится на июль, а максимум температуры — на июль (годовой полдень).

Тепло, получаемое земной поверхностью, преобразуется и перераспределяется атмосферой и гидросферой. Тепло расходуется главным образом на испарение, турбулентный теплообмен и на перераспределение тепла между сушей и океаном.

Наибольшее количество тепла расходуется на испарение воды с океанов и материков. В тропических широтах океанов на испарение затрачивается примерно $100—120$ ккал / см^2 в год, а в акваториях с теплыми течениями до 140 ккал / см^2 в год, что соответствует испарению слоя воды в 2 м мощностью. В экваториальном поясе на испарение затрачивается значительно меньше энергии, т. е. примерно 60 ккал / см^2 в год; это равносильно испарению однометрового слоя воды.

Тепло, затраченное на испарение воды, передается атмосфере при конденсации пара в виде скрытой теплоты парообразования. Этот процесс выполняет главную роль в нагревании воздуха и движении воздушных масс.

Радиационное тепло поступает в атмосфере также через турбулентный теплообмен воздуха. Воздух — плохой проводник тепла, поэтому молекулярная теплопроводность может обеспечить нагрев только незначительного (единицы метров) нижнего слоя атмосферы. Тропосфера нагревается путем турбулентного, струйного, вихревого перемешивания: воздух нижнего, прилегающего к земле слоя, нагревается, струями поднимается, на его место опускается верхний холодный воздух, который тоже нагревается. Таким образом, тепло быстро передается от почвы воздуху, от одного слоя к другому.

Турбулентный поток тепла больше над материками и меньше над океанами.

В отличие от скрытой теплоты парообразования турбулентный поток атмосферой удерживается слабо. Над пустынями он передается вверх и рассеивается, поэтому пустынные зоны и выступают как области охлаждения атмосферы.

Тепловой режим континентов в связи с их географическим положением различен. Затраты тепла на испарение на северных материках определяется их положением в умеренном поясе; в Африке и Австралии — аридностью их значительных площадей. На всех океанах огромная доля тепла затрачивается на испарение. Затем часть этого тепла переносится на материки и утепляет климат высоких широт.

Поглощение солнечных лучей воздухом дает не более $0,1^{\circ}\text{C}$ тепла нижнему километровому слою тропосферы. Непосредственно от Солнца атмосфера получает не более $\frac{1}{3}$ тепла, а $\frac{2}{3}$ она усваивает от земной поверхности и, прежде всего, от гидросферы, которая передает ей тепло через водяной пар, испарившийся с поверхности водной оболочки.

Солнечный лучи, прошедшие через газовую оболочку планеты, в большинстве мест земной поверхности встречают воду: на океанах, в водоемах и болотах суши, во влажной почве и в листве растений. Тепловая энергия солнечной радиации расходуется прежде всего на испарение. Количество тепла, затрачиваемое на единицу испаряющейся воды, называется скрытой теплотой парообразования. При конденсации пара теплота парообразования поступает в воздух и нагревает его.

Усвоение солнечного тепла водоемами отличается от нагревания суши. Теплоемкость воды примерно в 2 раза больше, чем почвы. При одинаковом количестве тепла вода нагревается вдвое слабее, чем почвы. При охлаждении соотношение обратное. Если на теплую океанскую поверхность проникает холодная воздушная масса, то тепло проникает в слой до 5 км. Прогревание тропосферы обязано скрытой теплоте парообразования.

Турбулентное перемешивание воздуха (беспорядочное, неравномерное, хаотическое) создает конвекционные токи, интенсивность и направление которых зависят от характера местности и общепланетарной циркуляции воздушных масс.

Основными показателями температуры воздуха являются следующие:

- 1) средняя температура суток;
- 2) среднесуточная температура по месяцам;
- 3) средняя температура каждого месяца;
- 4) средняя многолетняя температура месяца. Все средние многолетние данные выводятся за длительный период (не менее 35 лет). Чаще всего пользуются данными января и июля. Самые высокие многолетние месячные температуры наблюдаются в Сахаре (до плюс 36,5°C) и в Долине Смерти (до плюс 39°C). Самые низкие температуры фиксируются на станции «Восток» в Антарктиде (до минус 70°C).

- 5) средняя температура каждого года;

- 6) средняя многолетняя температура года. Самая высокая среднегодовая температура зафиксирована на метеостанции «Даллол» в Эфиопии и составила плюс 34,4°C. На юге Сахары многие пункты имеют среднегодовую температуру плюс 29—30°C. Самая низкая среднегодовая температура зарегистрирована на плато Стейшн в Антарктиде и составила минус 56,6°C.

- 7) абсолютные минимумы и максимумы температуры за любой срок наблюдений — сутки, месяц, год, ряд лет. Абсолютный минимум для всей земной поверхности был отмечен на станции «Восток» в Антарктиде в августе 1960 г. и составил минус 88,3°C, для Северного полушария — в Оймяконе в феврале 1933 г. (минус 67,7°C).

Самая высокая для всей Земли температура наблюдалась в сентябре 1922 г. в Эль-Азии в Ливии (плюс 57,8°C). Второй рекорд жары (плюс 56,7°C) был зарегистрирован в Долине Смерти. На третьем месте по данному показателю находится пустыня Тар (плюс 53°C).

В море самая высокая температура воды (плюс 35,6°C) отмечена в Персидском заливе. Озерная вода больше всего нагревается в Каспийском море (до плюс 37,2°C).

Начальным источником атмосферной влаги служит Мировой океан, с поверхности которого вода испаряется. Часть ее конденсируется в облаках и выпадает в виде осадков тут же на океане, завершая малый влагооборот. Другая часть испарившейся влаги в виде водяного пара переносится на сушу, где так же конденсируется в облаках и выпадает в виде жидких или твердых осадков, просачивается в грунт, стекает в реках в океан и расходуется растениями и животными.

Испарение заключается в переходе воды из жидкой или твердой фазы в газообразную и в поступлении водяного пара в атмосферу.

Испарение — процесс прежде всего энергетический. Он зависит от количества тепловой энергии, которая может быть затрачена на данной поверхности в единицу времени, и определяется, следовательно, уравнением теплового баланса на земной поверхности. На океанах на испарение затрачивается до 90% энергии солнечной радиации.

Вторым метеорологическим условием, определяющим величину испарения, является влагоемкость воздуха, степень его сухости или влажности. Количественно она характеризуется дефицитом влажности, который в свою очередь зависит от температуры воздуха и в меньшей степени от ветра. Разумеется, испарение может происходить только при наличии воды. На суше это условие имеется далеко не везде и не всегда: аридным зонам свойствен дефицит влаги, в гумидных зонах влаги может не хватать в отдельные периоды.

Испарение принадлежит к числу важнейших процессов географической оболочки. На него расходуется большая часть солнечного тепла. Скрытая теплота парообразования, выделяющаяся при конденсации влаги, нагревает атмосферу, и этот источник тепла для атмосферы является основным. Испарившаяся влага поступает на материки и обеспечивает их осадками. При фазовых переходах воды происходит поглощение или выделение тепла, а при циркуляции атмосферы оно перераспределяется. Один из видов испарения — транспирация — участвует в биологических процессах и образовании биологической массы.

Климатическое и, особенно, биофизическое значение испаряемости заключается в том, что она показывает иссушающую способность воздуха: чем больше может испариться при ограниченных запасах влаги в почве, тем ярче выражена засушливость. В одних местах это приводит к появлению пустынь, в других — вызывает временные засухи, в-третьих, где испаряемость ничтожна, создаются условия переувлажнения.

В Северной Европе испарение близко к своему верхнему пределу — испаряемости — около 100 мм в год. В зоне сухих степей Юго-Востока Европы, а также в аридных областях средиземноморских субтропиков испаряемость достигает 1 200—1 300 мм, а действительное испарение вследствие недостатка влаги составляет

только 300 мм. Дефицит влаги — разница между осадками и испаряемостью в аридных зонах составляет примерно 600—800 мм.

Максимальная испаряемость, естественно, в пустынях, особенно в Сахаре. В центральных ее частях она превышает 4 500 мм. Испарение, ограниченное ничтожным количеством осадков, не превышает 100 мм в год. Здесь на испарение расходуются не только осадки, но и подземная вода, стекающая с Атласских гор и из бассейна Центральной Африки. Разница между потенциальным (4 500 мм) и фактическим (около 100 мм) испарением выражает степень сухости Сахары.

Наибольшее испарение (около 1 200 мм) происходит на заболоченных низинах Центральной Африки — в бассейне озера Чад и Верхнего Нила. Растения, обеспеченные здесь теплом и влагой, дают наибольший на Земле прирост растительной массы. В экваториальной Африке испаряется за год слой воды в 1 000 мм.

Водяной пар обладает только ему присущим свойством, резко отличающим его от других газов атмосферы: его количественное содержание, или влажность воздуха, зависит от температуры воздушной массы. В 1 кг воздуха может содержаться при температуре 27°C 23 г пара, при 0°C — 4 г, при минус 33°C — 0,2 г. В то время как при понижении температуры воздушной массы основные газы — кислород и азот — только уплотняются, молекулы их сближаются и замедляют движение, водяной пар выпадает, количество его уменьшается (в 115 раз). Влажность воздуха характеризуется несколькими показателями.

Абсолютная влажность — количество водяного пара в граммах, содержащегося в 1 м³ воздуха.

Абсолютная влажность повышается с ростом температуры воздуха, поскольку чем теплее воздушная масса, тем больше она может содержать пара.

Относительная влажность — отношение в процентах фактического насыщения к максимально возможному при данной температуре. С охлаждением воздуха абсолютная влажность падает, поскольку уменьшается его влагоемкость. Температура, при которой воздух становится насыщенным, называется **точкой росы**. Дальнейшее охлаждение воздуха приводит к конденсации влаги. Относительная влажность зависит, конечно, и от абсолютной.

В среднем влажность воздуха, приходящего с океана, равна 80%. Если внутри материков она падает до 40%, осадки уже

не образуются. Однако при подъеме воздушных масс по склонам гор температура их понижается, влажность повышается, достигает 100%, и начинается конденсация.

Половина всей влаги тропосферы сосредоточена в нижнем полуторакилометровом слое. Большая часть второй половины не поднимается выше 5 км. В тропосфере одновременно содержится около 15 000 км³ воды; продолжительность пребывания воды в тропосфере составляет около 25 дней.

Конденсация — переход пара в капельно-жидкое состояние.

Сублимация — переход влаги в твердое состояние (снег, лед).

Для конденсации необходимы следующие два условия:

- понижение температуры воздуха до точки росы;
- наличие ядер конденсации — микроскопических тел, на которых возможно оседание пара.

Конденсация и сублимация бывают и на поверхности Земли и местных предметов, и в свободной атмосфере. В первом случае образуются *роса* или *иней*. На льду, снегу или в песках пустынь оседает слой влаги, участвующий в их водном балансе. При адвекции теплого воздуха на охлажденную территорию на предметах (стенах, стволах и др.) оседает жидкий налет, а если температура ниже 0°C, твердый.

Ядрами конденсации служат аэрозоли — твердые или жидкие частицы, взвешенные в воздухе. Около 30% их образуется из морской воды (с океана в атмосферу ежегодно поднимается около 10¹⁰ т солей). Второй источник ядер конденсации — поверхность материков, которая поставляет аэрозоли как естественного, так и антропогенного происхождения.

Если водяной пар конденсируется в приземном слое воздуха, то образуются туманы. Охлаждение при этом происходит не в результате адиабатического процесса, а вследствие теплоизлучения или адвекции теплых или холодных воздушных масс.

Туманом называется скопление в приземном слое атмосферы мелких капель воды или кристаллов льда, или тех и других вместе. При этом уменьшается прозрачность воздуха и видимость. Если она меньше 1 км, то это туман, если в пределах от 1 до 10 км — дымка. Замутнение, создаваемое скоплением в сухом воздухе твердых частиц — пыли, дыма и других, называется **мглой**.

Кроме обычных туманов из водяных капель, в промышленных центрах, особенно Западной Европы, стал частым **смог** — душливая смесь тумана, гари дымовых труб и выхлопных газов автомобилей.

Туманы подчиняются определенным географическим закономерностям. В полярных широтах они бывают часто и держатся устойчиво. В Арктике отмечается 100 дней с туманами в год. В умеренном поясе особенно часты туманы на берегах морей. В материковом климате туманов значительно меньше. В тропическом поясе туманы редки, но, как уже указывалось, их много на западных берегах, омываемых холодными течениями.

Туманы — часто повторяющееся метеорологическое явление, неблагоприятное для авиации, транспорта и других видов деятельности людей. В настоящее время в метеорологии и экологии интенсивно разрабатывается методика их прогнозирования.

Конденсация и сублимация влаги в свободной атмосфере дает облака. На ядрах конденсации возникают первичные очень мелкие облачные капли. Обычно они сразу же замерзают и становятся ядрами дальнейшего роста капель как путем конденсации, так и коагуляции — взаимного слияния. Это происходит при температуре на 10—15°C ниже 0°C.

Морфологическая классификация включает десять основных форм (родов) облаков (табл. 8), которые в свою очередь подразделяются на ряд видов и разновидностей. Основа современной международной классификации облаков была заложена в 1803 г. английским метеорологом-любителем Л. Говардом. В ней для описания внешнего вида облаков использованы латинские термины: *alto* — высоко, *cirrus* — перистый, *cumulus* — кучевой, *nimbus* — дождевой и *stratus* — слоистый. Различные сочетания этих терминов применяются для наименования главных форм облаков: *cirrocumulus* — перисто-кучевых; *cirrostratus* — перисто-слоистых; *altocumulus* — высококучевых; *altostratus* — высокослоистых; *nimbostratus* — слоисто-дождевых; *stratocumulus* — слоисто-кучевых; *cumulonimbus* — кучево-дождевых.

Перистые облака Cirrus Ci находятся на высоте выше 6 км (в умеренных широтах на высоте 7—10 км) и состоят из ледяных кристаллов и игл (0,01—0,1 мм): белые, тонкие облака волокнистого строения. Обычно настолько прозрачны, что сквозь них не только просвечивают Солнце и Луна, но часто даже и голубое небо.

Т а б л и ц а 8 — Сведения об основных формах облаков

| Название (русское, латинское) | Буквенное обозначение | Мощность, км | Осадки | Прозрачность |
|--------------------------------------|--------------------------|-------------------------|---|---|
| Облака верхнего яруса (НГ > 6 км) | | | | |
| Перистые Cirrus | Ci | от 0,1 до нескольких | Не достигают земли | Просвечивают Солнце, Луну, звезды и небо |
| Перисто- кучевые Cirrocumulus | Cc | 0,2—0,4 | Не выпадают | — |
| Перисто- слоистые Cirrostratus | Cs | от 0,1 до нескольких | Не достигают земли | Наблюдается яркое явление гало |
| Облака среднего яруса (НГ = 2—6 км) | | | | |
| Высококуче- вые Alto cumulus | Ac | 0,2—0,7 | Не выпадают, изредка наблю- даются полосы падения | Возможно мес- тами просвечи- вание Солнца и Луны, наблю- даются венцы |
| Высокслои- стые Altostratus | As | 1—2 | Слабые и уме- ренные осадки, летом не дости- гают земли | Возможно про- свечивание Солнца и Луны, как сквозь ма- товое стекло |
| Облака нижнего яруса (НГ < 2 км) | | | | |
| Слоисто- кучевые Stratocumulus | Sc | 0,2—0,8 | Как правило, не выпадают | Возможно про- свечивание Солнца и Луны сквозь тонкие края облаков |
| Слоистые Stratus | St | 0,2—0,8 | Как правило, не выпадают, ино- гда может вы- падать морось, снежные зерна | Солнце и Луну обычно не про- свечивают |

Окончание табл. 8

| Название (русское, латинское) | Буквенное обозначение | Мощность, км | Осадки | Прозрачность |
|---|--------------------------|------------------------|--|---|
| Слоисто- дождевые Nimbostratus | Ns | до не- скольких | Обложные осадки | Солнце и Луну не просвечива- ют, оптические явления отсут- ствуют |
| Облака вертикального развития (НГ = 0,5—2 км) | | | | |
| Кучевые Cumulus | Cu | 0,2 до не- скольких | Обычно не вы- падают | Солнце просве- чивает по краям облаков |
| Кучево- дождевые Cumulonimbus | Cb | 0,2 до не- скольких | Ливневые осад- ки, град, крупа и прочее, хо- рошо видны полосы падения | Солнце не про- свечивает |

Днем перистые облака не уменьшают освещенности, предметы отбрасывают заметные тени. Осадков не дают.

Перистые облака можно спутать с перисто-слоистыми *Cs*. Последние отличаются тем, что образуют непрерывную пелену, достаточно однородную и обширную. Перистые облака отличаются от высококучевых волокнистым строением на большом протяжении, тогда как у последних нитевидные полосы падения занимают сравнительно небольшие участки неба.

Вечером, после захода Солнца, перистые облака *Ci* еще долго остаются освещенными, принимая серебристую, затем золотистую или красноватую окраску. Затем эти облака постепенно сереют и при этом кажутся более плотными, чем днем. Утром, перед восходом солнца они первыми из облаков освещаются и украшаются зарей.

Процессы образования:

1. Охлаждение воздуха, приводящее к образованию перистых облаков, происходит при его восходящем движении в верхней тропосфере, в зоне атмосферных фронтов, (особенно у теплого фронта).

2. В охлаждающемся воздухе осуществляется сублимация водяного пара и образование редких ледяных кристаллов.

3. Мелкие ледяные кристаллы падают весьма медленно и восходящими движениями воздуха могут переноситься на более высокие уровни.

Перисто-кучевые облака Cirrocumulus (циррокумулюс) Cc располагаются на высоте 6—8 км толщиной слоя 200—400 м и состоят из ледяных кристаллов и игл: белые тонкие слои или гряды в виде мелких волн и хлопьев, без собственных теней. Делятся на два вида: волнистые и кучевообразные. Осадков не дают.

Перисто-кучевые облака образуются при возникновении волновых и конвективных движений в верхней тропосфере. Они часто наблюдаются перед холодным фронтом.

Перисто-слоистые облака Cirrostratus (цирростратус) Cs находятся на высоте выше 6 км и состоят из ледяных кристаллов. Имеют вид белой однородной тонкой пелены, иногда слегка волнистой; не размывают солнечного или лунного диска. Осадки земли не достигают.

Перисто-слоистые облака могут наблюдаться в соединении с перистыми и перисто-кучевыми. При надвижении фронтальной облачной системы перистые облака Ci, увеличиваясь по количеству и постепенно закрывая все небо, сменяются перисто-слоистыми Cs; в свою очередь перисто-слоистые Cs, которые, уплотняясь и снижаясь, непосредственно сменяются высококучевыми облаками.

Перисто-слоистые облака Cs отличаются от перистых Ci тем, что их пелена совершенно однородна, непрерывна и не распадается на отдельные участки, разделенные промежутками голубого неба.

От высоко-слоистых облаков перисто-слоистые Cs отличаются тем, что они почти прозрачны, в то время как сквозь высоко-слоистые As солнце и луна просвечивают тускло, как сквозь матовое стекло, и при этом в дневное время тени от предметов становятся нерезкими или исчезают вовсе.

К основным формам облаков *среднего яруса* относятся: высококучевые и высоко-слоистые.

Общие признаки облаков среднего яруса: светло-серые, синевато-серые, иногда белые облака в виде сплошной пелены или волн, пластин и хлопьев, значительно более крупных и массивных, чем у облаков верхнего яруса.

Облака среднего яруса состоят из переохлажденных капель воды или переохлажденных капель воды в смеси с ледяными кристаллами и снежинками. Сквозь облака среднего яруса солнце просвечивает слабо или вообще не просвечивает.

Высококучевые облака *Alto cumulus* (альтокумулюс) *Ac* располагаются на высоте 2—6 км (толщина слоя 200—700 м) и состоят из мельчайших капелек, часто переохлажденных: белые, иногда сероватые или синеватые в виде волн, куч, гряд, хлопьев, между которыми видны просветы голубого неба. Иногда могут сливаться. Высококучевые облака могут быть волнистыми и кучевообразные. Осадки иногда могут выпадать в виде отдельных капель дождя или отдельных снежинок.

Условия наблюдений с поверхности земли: по большей части высококучевые облака *Ac* определяются легко по характерным очертаниям и светлой окраске.

Высокослоистые облака *Alto stratus* (альтостратус) *As* концентрируются на высоте 2—6 км и состоят из смеси снежинок и мельчайших капелек: серая или синеватая однородная пелена слегка волнистая. Толщина слоя составляет в среднем около 1 км, изредка до 2 км.

Низкие высокослоистые *As* состоят из ледяных кристаллов (столбиков) в смеси с переохлажденными капельками воды. Нижние части этих облаков состоят из более крупных снежинок или (обычно ниже уровня, где температура воздуха равна 0 °С) мелких капель дождя.

Солнце и Луна просвечивают сквозь них как сквозь матовое стекло. Обычно закрывают все небо. Летом осадки земли не достигают, зимой дают снегопад. Такие облака могут быть туманообразными и волнистыми.

Уплотняясь и снижаясь, высоко-слоистые *As* непосредственно переходят в слоисто-дождевые облака *Ns*. Высоко-слоистые облака *As* являются как бы промежуточным звеном между перисто-слоистыми *Cs* и слоисто-дождевыми *Ns*; в системе облаков теплого фронта они надвигаются после перисто-слоистых *Cs* и, уплотняясь, переходят в слоисто-дождевые *Ns*; в системе облаков холодного фронта они приходят после слоисто-дождевых *Ns* и, становясь постепенно все более тонкими, переходят в перисто-слоистые *Cs*. Переход может быть непосредственным, но иногда это происходит при последовательной смене облачных слоев, разделенных частично безоблачными

промежутками. Безоблачные («сухие») прослойки обычно наблюдаются в распадающихся фронтальных облачных системах.

Наиболее характерный признак высоко-слоистых облаков As — их волокнистое строение, которого никогда не бывает у высоко-кучевых Ac. Поэтому, если покров высоко-слоистых облаков достаточно однороден, признаки этих двух форм Ac или As выражены нечетко и не дают основания для уверенного определения формы облаков, то решающим признаком будет волокнистое строение, которое при внимательном наблюдении всегда обнаруживается в высоко-слоистых облаках As.

От слоисто-дождевых Ns высоко-слоистые облака отличаются большей высотой расположения и меньшей плотностью. Осадки из высоко-слоистых As не всегда достигают земли. Плотный покров с основанием на уровне около 2 км при отсутствии осадков еще может отмечаться как высоко-слоистые As op., но при наличии осадков должен уже отмечаться как слоисто-дождевые Ns. Однако наличие осадков само по себе не должно быть определяющим признаком: если облака светлые, тонкие и находятся на большой высоте, но в то же время дают осадки (что особенно часто наблюдается зимой), то они отмечаются как высоко-слоистые As.

Иногда бывает трудно отличить высоко-слоистые As от светлых, приподнятых слоистых St, особенно если нет надежных определений высоты нижней границы облаков. Отличительным признаком в этом случае служит то, что нижняя поверхность высоко-слоистых As обычно ровная, а у слоистых St чаще разорванная; кроме того, покров высоко-слоистых As имеет обычно волокнистую структуру, которой нет у второй формы.

При наблюдениях очень помогает знание истории появления данного слоя облаков, которое достигается путем достаточно-частых наблюдений и прослеживания всех изменений в состоянии неба.

Процесс образования: высоко-слоистые As образуются вследствие охлаждения воздуха при его общем наклонном медленном восходящем движении.

Слоисто-кучевые облака Stratocumulus (стратокумуляс) Sc располагаются на высоте 2—6 км и состоят из капелек однородных размеров: серые крупные гряды, волны, кучи или пластины; могут быть разделены просветами или сливаться в сплошной покров.

Серые облака, состоящие из крупных гряд (волн), пластин или хлопьев, разделенных просветами или сливающимися в сплошной серый волнистый покров.

Состоят преимущественно из мелких капелек воды (радиусом чаще всего 5—7 мк с колебаниями от 1 до 60 мк), зимой переохлажденных. В отдельных случаях среди капель имеется примесь некоторого количества ледяных кристаллов (пластинок) и снежинок.

От высококучевых отличаются несколько меньшей высотой, большими размерами куч и большей плотностью. Редко выпадают слабые непродолжительные дожди. Обычно осадков не дают. Слоисто-кучевые облака могут быть волнистыми и кучевообразными.

Слоисто-кучевые облака могут наблюдаться одновременно с высококучевыми. Ряд разновидностей слоисто-кучевые Sc cuf. образуется при распаде кучевых Cu или кучево-дождевых Cb. Но и сами слоисто-кучевые Sc при усиливающейся конвекции могут развиваться в кучевые облака, особенно часто это происходит с Sc cast. При приближении фронта слоисто-кучевые Sc могут смениться слоисто-дождевыми Ns, что сопровождается выпадением обложных осадков.

О различии слоисто-кучевых Sc и высоко-слоистых As было подробно указано при описании высококучевых облаков. Наиболее существенные признаки: слоисто-кучевые облака располагаются более низко и состоят из более крупных элементов.

Цвет высоко-слоистых As синеватый, покров слоисто-кучевых Sc серого или желтовато-серого цвета.

От слоисто-дождевых облаков слоисто-кучевые Sc op. отличаются волнистым строением и обычно отсутствием осадков. Полезно при различении этих форм учитывать тип погоды, поскольку высоко-слоистые As и слоисто-дождевые Ns являются преимущественно облаками фронтальных систем, тогда как слоисто-кучевые Sc образуются, по большей части, внутри однородных воздушных масс. Знание предшествующей истории облачной системы позволяет более точно определить форму облаков.

От слоистых облаков слоисто-кучевые Sc отличаются большей высотой основания и более ярко выраженной волновой структурой.

От кучевых облаков (которые иногда тоже располагаются грядами) слоисто-кучевые Sc отличаются большой длиной

гряд и отсутствием куполообразных вершин (кроме разновидности Sc cast., у которой выступающие купола и башни сравнительно невелики и быстро меняют очертания). При растекании кучевых облаков Cu их следует считать перешедшими в слоисто-кучевые облака Sc, когда растекшиеся облака образовали достаточно однородный и плоский слой или гряды. Может наблюдаться и переходная форма слоисто-кучевых Sc (Cu), если переход одной формы в другую еще совершился неполностью.

Основные процессы, вызывающие образование слоисто-кучевых облаков, следующие:

- 1) волновые движения в слоях инверсий, расположенных ниже 2 км над поверхностью земли;
- 2) растекание кучевых облаков Cu в слое под инверсиями ниже 2 км;
- 3) волновые движения, возникающие над подветренным склоном возвышенностей и приводящие к образованию слоисто-кучевых Sc.

Облака нижнего яруса имеют вид низких серых тяжелых гряд, валов или пелены, закрывающей небо сплошным покровом. Солнце не просвечивает сквозь эти облака или изредка слабо просвечивает через тонкие их края.

К облакам нижнего яруса относятся три основные формы: слоисто-кучевые, слоисто-дождевые и слоистые облака.

Слоистые облака Stratus (стратус) St располагаются обычно в пределах от 0,1 до 0,7 км, но иногда облака сливаются с наземным туманом. Толщина слоя составляет от 0,2 до 0,8 км. Облака обычно закрывают все небо, могут быть в виде разорванных масс. Однородный слой серого или желто-серого цвета. Виды слоистых облаков: 1) туманообразные; 2) волнистые; 3) разорвано-слоистые. Состоят из мельчайших капелек воды, радиусом чаще всего 2—5 мк с колебаниями от 1 до 29 мк. В слоях облака с температурой ниже 0°C эти капли переохлажденные. В этих же слоях могут находиться также ледяные кристаллы и снежинки. Могут выпадать морось или редкий снег.

Слоисто-дождевые облака Ns по внешнему виду похожи на слоистые St. Их различают по следующим признакам:

1. Слоистые облака St располагаются обычно ниже, чем слоисто-дождевые Ns, иногда так низко, что закрывают верхние части высоких предметов (мачт, труб, высоких деревьев, холмов), ослабляя их видимость.

2. Слоистые облака St более светлого серого цвета, чем слоисто-дождевые Ns, причем обычно отмечаются оттенки окраски — чередование темных и светлых мест, соответствующих участкам облака большей и меньшей толщины. Строение слоистых облаков St менее волокнистое, чем слоисто-дождевых Ns.

3. Слоистые облака St никогда не дают обложных осадков.

Кроме того, полезно учитывать при определении облаков тип погоды: слоистые облака St образуются преимущественно внутри однородных воздушных масс и часто являются облаками местного происхождения, имея небольшую мощность. В отличие от них облака слоисто-дождевые Ns и высоко-слоистые As наблюдаются обычно на атмосферных фронтах.

Процессы образования:

1) охлаждение относительно теплого воздуха при движении его над холодной подстилающей поверхностью;

2) радиационное выхолаживание нижнего слоя воздуха в течение ночи или нескольких суток подряд;

3) охлаждение при восходящем движении воздуха вдоль почти горизонтальных участков фронтальных поверхностей или по склонам возвышенностей;

4) увлажнение воздуха выпадающими из вышележащих облаков осадками и одновременно развитие динамической турбулентности под слоем облаков, дающих осадки;

5) перенос водяного пара турбулентными движениями вверх в подинверсионном слое и конденсация избытка пара в верхней части слоя. Форма слоистых облаков St является одной из наиболее часто наблюдаемых в умеренных и северных широтах.

Слоисто-дождевые облака Nimbostratus (нимбостратус) Ns находятся на высоте ниже 2 км, внизу могут сливаться с туманом; состоят из крупных капель внизу и мелких вверху: темно-серый облачный слой как бы слабо освещенный изнутри. При осадках он кажется однородным; в перерывах между выпадениями осадков иногда заметна неоднородность и даже некоторая волнистость слоя облаков. Слоисто-дождевые облака Ns обычно закрывают все небо без просветов. Толщина слоя обычно отмечается в пределах от 2 до 3 км, но иногда достигает 5 км и даже больше. Состоят из переохлажденных капель и ледяных кристаллов.

Выпадают обложные дожди или снег, иногда с перерывами. Видов нет.

Обычно слоисто-дождевые облака Ns образуются из высоко-слоистых As, слой которых постепенно уплотняется и снижается вплоть до превращения в слоисто-дождевые Ns. Переход от высоко-слоистых As op. к слоисто-дождевым Ns постепенный, поэтому резкой грани между ними нет. Хорошим признаком совершившегося перехода является выпадение устойчивых обложных осадков.

Основным признаком, по которому безошибочно определяются слоисто-дождевые облака Ns, служит выпадение обложных осадков.

Облака вертикального развития имеют вид отдельных плотных облачных масс, сильно развитых по вертикали. Их основание обычно располагается в нижнем ярусе, а вершина — иногда в среднем и даже верхнем ярусе облаков. Основание этих облачных масс плоское, вершины имеют вид пологих куполов с выпуклостями или гроздящихся облачных гор и башен. Один из отличительных признаков: вершины облаков всегда ослепительно белого цвета, а основание белого, сероватого или темно-серого цвета.

К облакам вертикального развития относят две основные формы: кучевые и кучево-дождевые облака.

Кучевые облака Cumulus (кумулюс) Cu представляют собой облака вертикального развития и находятся в пределах нижнего и среднего ярусов до 2—3 км; состоят из капелек, система устойчивая, без осадков. Плотные высокие облака с белыми кучевыми и куполообразными вершинами и плоскими основаниями серого или синего цвета. Могут быть в виде отдельных облаков или больших скоплений. Отдельные кучевые облака чаще всего располагаются по небу беспорядочно, но иногда образуют гряды или цепочки. При этом основания отдельных облаков находятся на одном уровне.

Высота основания в умеренных широтах обычно бывает от 0,8 до 1,5 км. Вообще она тем больше, чем меньше относительная влажность у земли, и в сухие жаркие периоды может составлять 2,5—3 км и даже больше. Кучевые облака состоят из капель воды, более крупных в вершине облака (преобладающий радиус капелек — около 10 мк) и более мелких у основания облака (преобладающий радиус — около 6 мк). Осадки обычно не выпадают.

Виды кучевых облаков: 1) плоские; 2) средние; 3) мощные. Много разновидностей — разорвано-кучевые, башеннообразные, орографические и др.

Кучевые плоские *Cumulus humilis* (*Cu hum.*) — «облака хорошей погоды». Эти облака мало развиты по высоте; они кажутся плоскими, так как их высота меньше горизонтальных размеров. Кучевые плоские облака *Cu hum.* наблюдаются преимущественно в теплое время года, в хорошую установившуюся погоду. Обычно они возникают утром, достигают наибольшего развития в околополуденные часы и к вечеру растекаются, переходя часто в слоисто-кучевые вечерние облака. Изредка эти облака встречаются и зимой, но тогда не наблюдается описанного выше суточного хода в их развитии.

Кучевые мощные *Cumulus congestus* (*Cu cong.*) — сильно развитые по вертикали облака, высота их в 1,5—2 раза превышает длину основания. Вершины облаков ослепительно белые и сильно клубятся, основания затемнены. При особенно сильном развитии кучевые мощные *Cu cong.* они не остаются изолированными массами, а сливаются в большие группы.

Развиваясь, кучевые облака *Cu* могут превратиться в кучево-дождевые *Cb*. Иногда эти две формы наблюдаются одновременно. При теплой погоде утром кучевые облака могут образоваться из слоистых *St fr.*

Распадаясь, кучевые облака *Cu* могут перейти в слоисто-кучевые *Sc* или высоко-кучевые *Ac*, либо рассеяться совсем.

В отличие от слоисто-кучевых облаков, кучевые *Cu* не образуют непрерывного слоя или сплошных длинных валов. Покров кучевых облаков *Cu* всегда разделяется на отдельные облака, в промежутках между которыми видны их бугристые, резко очерченные бока, уходящие в высоту. Центральная часть отдельных облаков может быть темной (серого или даже темно-серого цвета, в зависимости от мощности облаков), освещенные края облаков — ярко-белого цвета и выглядят светлой или блестящей каймой, в зависимости от расположения облаков относительно солнца.

Кучево-дождевые, или грозовые облака Cumulonimbus (кумулонимбус) *Cb* располагаются на высоте до 2 км и состоят из капель внизу и кристаллов сверху: белые плотные облака с темным основанием, имеют вид огромных наковален, гор и др. Часто наблюдаются в виде сравнительно редких отдельных облаков, но

может быть и скопление их или даже облачный вал из кучево-дождевых Сb (это бывает при прохождении холодного фронта). Как правило, не закрывают всего неба и между отдельными облаками имеются просветы. Однако в отдельных случаях, при прохождении скопления этих облаков или облачного вала, на короткое время может быть закрыт весь видимый небосвод.

Грозовые облака Сb в верхних частях состоят из ледяных кристаллов (при низких температурах, имеющих форму столбиков, при более высоких, выше минус 15°С, — форму пластинок) при одновременном присутствии переохлажденных капель воды. В нижних своих частях облака состоят из капелек воды с примесью снежинок или капель дождя (в зависимости от температуры), а иногда — крупы или града.

Виды кучево-дождевых (грозовых) облаков: 1) лысые; 2) волосатые. Выпадают ливневые дожди, град, сопровождаемые грозами.

При выпадении ливневого дождя часто наблюдается радуга.

Осадки всегда имеют бурный, ливневой характер: летом они выпадают в виде крупнокапельного дождя или града, зимой — в виде ливневого снега, часто мокрого (хлопьями) и снежной крупы, большей частью сильной и кратковременной. В отдельных случаях, при большой сухости нижних слоев воздуха, осадки не достигают поверхности земли вследствие испарения, тогда под кучево-дождевыми облаками Сb видны полосы падения. Часто в кучево-дождевых облаках Сb наблюдается гроза.

Основное различие заключается в том, что кучево-дождевые облака Сb имеет более мрачную, свинцово-темную окраску, дают ливневые осадки.

От кучевых мощных Сu *cong.* кучево-дождевые облака отличаются по следующим признакам:

- 1) волокнистое перистовидное строение вершины облака;
- 2) сильное потемнение, когда облако находится в зените, его основание имеет темно-свинцовую окраску;
- 3) выпадение ливневых осадков, достигающих или даже не достигающих земли, но заметных в виде полос падения (*virga*).

Основным процессом образования является охлаждение воздуха при восходящем движении при сильно развитой термической или динамической конвекции.

В холодное время года, когда низкие температуры воздуха, благоприятные для замерзания облачных капелек и последующего их роста до размеров снежинок, существуют уже на сравнительно небольшой высоте, образуются плоские кучево-дождевые облака (Cb hum.), дающие, однако, достаточно интенсивные осадки.

Наиболее типичные виды осадков обычно выпадают из следующих форм облаков:

- 1) ливневые осадки — из кучево-дождевых облаков Cb;
- 2) обложные осадки — из высокослоистых облаков As и слоисто-дождевых облаков Ns;
- 3) морозящие осадки — из слоистых облаков St.

Из кучево-дождевых и слоисто-дождевых облаков осадки выпадают очень часто; из слоистых облаков они выпадают сравнительно редко.

В процессе развития облака, от стадии возникновения до стадии распада, меняется его внешний вид, структура, и оно может даже превращаться из одной формы в другую. При таком превращении возможны переходные формы, определение которых несколько сложнее для наблюдателя. Некоторые трудности возникают и при постепенной смене облачных форм над пунктом наблюдения при перемещении систем облаков, в которые входят облака различных ярусов и форм. Сходство внешнего вида некоторых форм облаков, принадлежащих к различным ярусам, а также частичное закрытие вышележащих облаков слоем более низких, иногда приводит к ошибочному определению формы, количества и высоты основания облаков.

Чтобы избежать ошибок, наблюдатель должен систематически следить за состоянием облачного покрова неба и его изменениями. Кроме того, необходимо знать условия образования каждой формы облаков и характер перехода одной формы в другую.

По международной классификации облачность делится на ярусы:

- 1) нижний ярус — 2 км и ниже;
- 2) средний ярус — от 2 до 6 км;
- 3) верхний ярус — выше 6 км.

Средняя годовая облачность для всей Земли оценивается в 5,4 балла, над сушей — в 4,8 балла, над океанами — в 5,8 балла. Самые облачные места — северные части Атлантического и Тихого

океанов, где облачность превышает 8 баллов, самые безоблачные — пустыни, не более 1—2 баллов.

Географическое значение облаков состоит в том, что из них выпадают осадки; они задерживают часть солнечной радиации и тем самым влияют на световой и тепловой режимы земной поверхности, препятствуют тепловому излучению Земли, создавая «тепличный эффект». Наконец, облака осложняют работу авиации, аэрофотографирование и др.

Атмосферными осадками называется вода во всех видах твердой и жидкой фазы, которую получает земная поверхность из атмосферы. Атмосферные осадки подразделяются на следующие две группы:

- а) наземные осадки, образующиеся непосредственно на земных предметах (иней, изморозь);
- б) осадки, выпадающие из облаков (дождь, снег, град, крупа, ледяной дождь).

Основную массу осадков доставляют дождь и снег. Начальные облачные капли очень малы, их диаметр колеблется от 7 до 10 мкм. В 1 см³ облака содержится несколько сотен капель воды. Капли таких малых размеров упасть на землю не могут, так как они поддерживаются теми восходящими токами, которые обеспечили образование самого облака. Вследствие взаимного слияния — коагуляции — капли растут. Если сила восходящих токов невелика (например, при спокойном скольжении по фронтальной плоскости, особенно в холодную осеннюю погоду), то даже небольшие капли преодолевают сопротивление воздуха и выпадают в виде мелких морозящих дождей. При мощных восходящих токах в жаркие летние дни, а также всегда в экваториальном поясе на земную поверхность могут упасть только крупные капли. Вот почему грозовые и экваториальные дожди состоят из больших капель, особенно в начале, когда надо пробить мощный восходящий поток теплого воздуха.

Осадки выпадают только из тех облаков, вертикальная мощность которых не менее 3 км, а водность не менее 1 г / м³. В этом случае идут только морозящие дожди. Интенсивные осадки выпадают из смешанных облаков, которые коллоидально неустойчивы и в которых на ледяных кристаллах быстро осаждается влага. Водность таких облаков достигает 4 г / м³. При высокой температуре воздуха и мощных восходящих токах на высотах в 4—6 км, где температура составляет минус 10— минус 15°C, образуются снежинки.

По интенсивности и продолжительности выделяются следующие виды осадков:

- 1) ливневые осадки, выпадающие из кучево-дождевых (грозовых) облаков;
- 2) обложные осадки, выпадающие из фронтальных слоисто-дождевых и высококучевых облаков;
- 3) морозящие осадки, идущие из слоистых и перисто-слоистых облаков.

Распределение осадков на материках и на океанах — результат взаимодействия звеньев системы «океан — атмосфера — материк». Решающую роль в распределении осадков по земной поверхности играют:

- а) солнечная радиация и тепловые свойства воздушных и водных масс;
- б) циркуляция атмосферы и гидросферы;
- в) широтное положение, величина и конфигурация материков.

Так как величину испарения определяют напряжение солнечной радиации и температура воздуха и воды, то количество осадков больше в жарких климатах и меньше — в холодных. Действительно, почти половина всех дождей выпадает в поясе между 20° с. ш. и 20° ю. ш.

На оба полярных пояса приходится только 4% влагооборота.

В экваториальном поясе среднее годовое количество осадков приближается к 2 000 мм, в полярных странах оно меньше 200 мм.

Зональность проявляется в существовании чередующихся зон максимумов и минимумов выпадения осадков: экваториальный максимум сменяется минимумами тропических поясов обоих полушарий, за которыми идут максимумы умеренных широт и минимумы полярных стран.

Региональность состоит в том, что каждая зона в направлении с запада на восток распадается на участки — регионы с разным количеством осадков.

Наибольшее количество осадков выпадает на склонах гор, где поднимаются влажные воздушные массы пассатов, например, Кауаи на Гавайских островах — 11 684 мм, Черрапунджа на склоне хребта Хассия в Гималаях — 11 633 мм, Дебунджа на склоне вулкана Камерун — 10 287 мм, Кибдо в Андах Колумбии — 8 992 мм.

В пустынях осадков выпадает меньше, чем 200 мм в год. Наименьшее в мире их количество — только 0,8 мм — наблюдается в Арике в пустыне Атакама; в Вади-Хальфе в Судане — 2,5 мм, в Адене — 43,9 мм, в Мулке в Австралии — 102,9 мм.

Начиная от 30° с. ш. и ю. ш. в субтропических и умеренных поясах количество осадков увеличивается и в средних широтах (от 40 до 60° с. ш. и ю. ш.) достигает второго максимума, хотя и значительно меньшего: в среднем 560—860 мм, в прибрежных горных странах может достигать 3 000 и даже 5 000 мм в год.

Умеренному поясу в соответствии с наибольшей площадью материков именно в этих широтах и особенностями атмосферной циркуляции свойственны наибольшие региональные различия в распределении влаги. Взаимодействие звеньев системы «океан — атмосфера — материк» таково, что и на материках и на океанах ярко выражены секторы с большим и малым количеством осадков.

В умеренных широтах зимой, а в полярных странах во все месяцы осадки выпадают преимущественно в виде снега и образуют снежный покров. В Арктике и Антарктике снег лежит круглый год, на севере Сибири — около 8 месяцев, в средней полосе умеренного пояса — меньше полугода, а на широте 45° — около месяца. На севере Крыма и Средней Азии он лежит в среднем около 20 дней; на этих же широтах в Западной Европе его не бывает вообще.

Снег выпадает на северных берегах Средиземного моря (в Неаполе один день, в Афинах — 6 дней в году), исключительно редко в Атласе, Алжирской Сахаре, Месопотамии, в Южном Китае, на острове Кюсю. В Северной Америке снег выпадает примерно до линии Калифорния — Флорида.

Снежный покров — результат и показатель климатических условий средних и высоких широт, сам оказывает огромное влияние на климат: отражая большую долю солнечных лучей, содействует выхолаживанию земной поверхности.

С другой стороны, он смягчает губительное действие очень низких температур на почву и предохраняет ее от глубокого промерзания, а сельскохозяйственные культуры — от вымерзания.

Большую роль играет снежный покров в гидрологическом режиме умеренных широт. В холодное время осадки накапливаются, а весной талые снеговые воды частично стекают, частично пополняют грунтовые воды.

На земной поверхности постоянно происходят два противоположно направленных процесса — орошение местности осадками и иссушение ее испарением. Оба эти процесса сливаются в единый и противоречивый процесс **атмосферного увлажнения**, под которым понимается соотношение количества осадков и испаряемости.

Существует более двадцати способов выражения атмосферного увлажнения. Показатели называются *индексами* и *коэффициентами сухости* или *атмосферного увлажнения*.

Увлажнение бывает *избыточным* (больше 100%, или $K > 1,0$), когда осадков выпадает больше, чем может их испариться; *достаточным*, при котором сумма осадков и испаряемость приблизительно равны (около 100%, или $K = 1,0$); *недостаточным*, меньше 100%, или $K < 1,0$), если испаряемость превосходит количество осадков; в последней градации полезно выделить ничтожное увлажнение, в котором осадки составляют ничтожную (13% и меньше, или $K = 0,13$) долю испаряемости.

В зоне тундр, лесов умеренных широт и экваториальных лесов увлажнение избыточное (от 100 до 150%).

В лесостепи и саваннах оно нормальное — немного больше или меньше 100%, обычно от 99 до 60%.

От лесостепей в сторону пустынь умеренных широт и от саванн к тропическим пустыням увлажнение падает; оно всюду недостаточное: в степях — 60%, в сухих степях — от 60 до 30%, в полупустынях — меньше 30% и в пустынях — от 13 до 10%.

По степени влажности зоны бывают *гумидными* — влажными с избыточным увлажнением и *аридными* — сухими с недостаточным увлажнением. Степень аридности и гумидности бывает различной и выражается соотношением осадков и испаряемости.

В зонах лесостепей и степей, где увлажнение 100% и несколько меньше, даже незначительное уменьшение осадков приводит к засухам. Между тем изменчивость месячных сумм осадков здесь колеблется около 50—70%, а местами достигает и 90%.

Засуха — длительный, иногда до 60—70 дней, весенний или летний период без дождей или с осадками ниже нормы и с высокой температурой. В результате иссякают запасы почвенной влаги, урожай снижается или вовсе гибнет.

Различают *атмосферную* и *почвенную засухи*. Первая характеризуется недостатком осадков, низкой влажностью и высокой температурой воздуха. Вторая выражается в иссушении почвы, приводящем к гибели растений. Почвенная засуха может быть короче атмосферной за счет весенних запасов влаги в почве или поступлении ее из грунта.

Засухи бывают в годы особенно интенсивной циркуляции атмосферы.

Движение молекул воздуха и его собственная масса создают атмосферное давление. При спокойном состоянии воздуха величина его на единицу площади соответствует массе находящейся над ней воздушного столба.

Известно, что сила тяжести изменяется с широтой, а величина воздушного столба зависит от высоты над уровнем моря и от температуры. В этой связи за нормальное принято атмосферное давление над уровнем моря на широте 45° при температуре воздуха 0°C . В данном случае масса воздуха уравнивается ртутным столбом высотой в 70 мм. Установлено, что атмосфера на 1 см^2 земной поверхности давит с силой 1 кг 33 г.

Давление в 1 000 000 дин (система СГС) называется **баром**, тысячная доля бара — **миллибаром**:

- 1 мб равен 0,75 мм рт. ст.;
- 1 мм рт. ст. равен 1,33 мб.

На метеорологических станциях атмосферное давление измеряется барометрами со шкалой в миллибарах. В этих же единицах строятся метеорологические климатические карты.

Известно, что чем выше над земной поверхностью лежит данная точка, тем меньше находящийся над ней столб воздуха, а следовательно, и атмосферное давление. Так как воздух сжимается, то давление с высотой падает не линейно, а в геометрической прогрессии, т. е. в нижних слоях быстрее, чем в верхних. Изменение давления с высотой выражается барической ступенью.

Барическая ступень — расстояние по вертикали в метрах, на которое атмосферное давление уменьшается вверх или увеличивается вниз на 1 мм, или на 1 мб.

На одной и той же высоте размер барической ступени зависит от температуры: она больше в теплом воздухе и меньше в холодном.

Наблюдения за изменением атмосферного давления ведут метеостанции. Так как они лежат на разной абсолютной высоте в различных точках земного шара, то сравнение полученных на них величин давления возможно только после приведения показателей барометров к одному уровню — уровню моря, реже — к уровню земной поверхности.

Распределение давления у земной поверхности показывается изобарами — линиями равных давлений. Чаще всего карты изобар строятся на избранный час. В климатологии пользуются обычно

средними многолетними показателями для июля и января; несколько реже прибегают к картам изобар других месяцев.

Разность атмосферного давления между двумя областями как у земной поверхности, так и выше нее вызывает горизонтальное перемещение воздушных масс — *ветер*. С другой стороны, сила тяжести и трение о земную поверхность удерживают массы воздуха на месте. Следовательно, ветер возникает только при таком перепаде давления, который достаточно велик, чтобы преодолеть сопротивление воздуха и вызвать его движение. Очевидно, что разность давлений должна быть отнесена к единице расстояния. В качестве единицы расстояния раньше принимали 1° меридиана, т. е. 111 км. В настоящее время для простоты расчетов условились брать 100 км.

Скорость ветра всегда пропорциональна градиенту: чем больше избыток воздуха на одном участке в сравнении с другим, тем сильнее его отток. На картах величина градиента выражается расстояниями между изобарами: чем ближе одна к другой, тем градиент больше и ветер сильнее.

Скорость ветра оценивается визуально по его воздействию на окружающие наблюдателя предметы. В 1805 г. Ф. Бофорт, моряк британского флота, для характеристики силы ветра на море разработал 12-балльную шкалу. В 1926 г. к ней были добавлены оценки скорости ветра на суше. В 1955 г., чтобы различать ураганные ветры разной силы, шкала была расширена до 17 баллов. Современный вариант шкалы Ф. Бофорта (табл. 9) позволяет оценивать скорость ветра без использования каких-либо приборов.

На ветер действуют вращение Земли, или сила Кориолиса, центробежная сила и трение.

Вращение Земли (сила Кориолиса) отклоняет ветер в Северном полушарии вправо (в Южном полушарии влево) от направления градиента.

Сила трения воздуха о земную поверхность всегда уменьшает скорость ветра. Скорость ветра обратно пропорциональна величине трения. При одном и том же барическом градиенте над морем, степными и пустынными равнинами ветер сильнее, чем над пересеченной холмистой, горной и лесной местностью. Трение сказывается в нижнем, примерно 1 000-метровом, слое, называемом *слоем трения*.

Направление ветра определяется стороной горизонта, откуда он дует. Для обозначения его обычно принимается 16-лучевая роза ветров с русскоязычным обозначением: С, ССЗ, СЗ, ЗСЗ, З, ЗЮЗ, ЮЗ, ЮЮЗ, Ю, ЮЮВ, ЮВ, ВЮВ, В, ВСВ, СВ, ССВ (рис. 27).

Т а б л и ц а 9 — Шкала Ф. Бофорта

| Баллы | Визуальные признаки на суше | Скорость ветра, км / ч | Термины, определяющие силу ветра |
|-------|--|------------------------|----------------------------------|
| 0 | Спокойно; дым поднимается вертикально | Менее 1,6 | Штиль |
| 1 | Направление ветра заметно по отклонению дыма, но не по флюгеру | 1,6—4,8 | Тихий |
| 2 | Ветер ощущается кожей лица; шелестят листья; поворачиваются обычные флюгеры | 6,4—11,2 | Легкий |
| 3 | Листья и мелкие веточки находятся в постоянном движении; развеваются легкие флаги | 12,8—19,2 | Слабый |
| 4 | Ветер поднимает пыль и бумажки; раскачиваются тонкие ветви | 20,8—28,8 | Умеренный |
| 5 | Качаются покрытые листвой деревья; появляется рябь на водоемах суши | 30,4—38,4 | Свежий |
| 6 | Качаются толстые ветви; слышен свист ветра в электропроводах; трудно удерживать зонт | 40,0—49,6 | Сильный |
| 7 | Качаются стволы деревьев; трудно идти против ветра | 51,2—60,8 | Крепкий |
| 8 | Ломаются ветви деревьев; практически невозможно идти против ветра | 62,4—73,6 | Очень крепкий |
| 9 | Небольшие повреждения; ветер срывает дымовые колпаки и черепицу с крыш | 75,2—86,4 | Шторм |
| 10 | На суше бывает редко. Деревья выворачиваются с корнями. Значительные разрушения строений | 88,0—100,8 | Сильный шторм |
| 11 | На суше бывает очень редко. Сопровождается разрушениями на большом пространстве | 102,4—115,2 | Жестокий шторм |

Окончание табл. 9

| Баллы | Визуальные признаки на суше | Скорость ветра, км / ч | Термины, определяющие силу ветра |
|-------|---|------------------------|----------------------------------|
| 12 | Сильные разрушения (Баллы 13—17 были добавлены Бюро погоды США в 1955 г. и применяются в шкалах США и Великобритании) | 116,8—131,2 | Ураган |
| 13 | | 132,8—147,2 | |
| 14 | | 148,8—164,8 | |
| 15 | | 166,4—182,4 | |
| 16 | | 184,0—200,0 | |
| 17 | | 201,6—217,6 | |

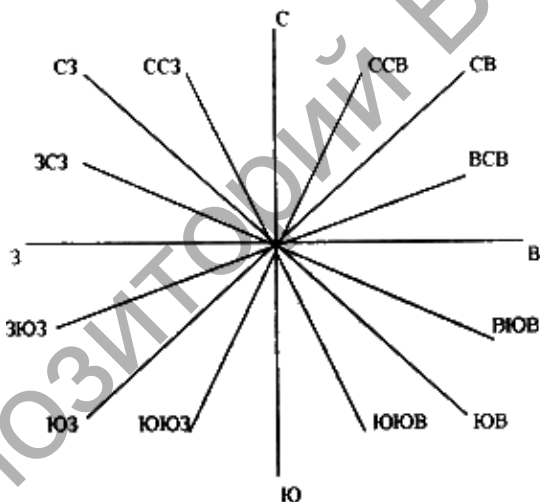


Рисунок 27 — Румбы

Воздушные массы отделяются друг от друга атмосферными фронтами. **Атмосферные фронты** — пограничные слои (поверхности), разделяющие соседние массы воздуха с различными физическими свойствами. Ширина переходного слоя достигает несколько десятков километров. Пересечение его с земной поверхностью образует так называемую *фронтальную зону*, длина которой измеряется

тысячами километров. В метеорологии при расчетах часто пренебрегают шириной переходного слоя и рассматривают его как фронтальную поверхность. Пересечение фронтальной поверхности с земной поверхностью образует *линию фронта*. Все перечисленные понятия объединяются выражением «*атмосферный фронт*» (*АФ*).

Так как фронт (Φ) разделяет две воздушные массы с разной температурой и, следовательно, с разным направлением движения, то очевидно, что он обязательно наклонен к плоскости горизонта в сторону холодного воздуха. Тяжелая холодная воздушная масса прижимается к Земле и растекается, подрезая теплую, а теплая масса поднимается по склону холодного. Наклон фронтальной поверхности в среднем составляет около 1:100, т. е. примерно 100 м на 1 км. На фронтах, таким образом, воздушные массы располагаются не только рядом, но и одна над другой и при этом движутся. Перемещение теплого воздуха над клином холодного одновременно в сторону и вверх получило название *восходящего скольжения*. В этом месте у земли, где начинается подъем воздуха, образуется барический минимум. Вверх фронт простирается до 15 км, захватывая всю тропосферу.

Как и во всяких восходящих токах влажного воздуха происходит адиабатическое охлаждение, конденсация пара, образование облаков и выпадение осадков. Полоса фронтальной облачной системы может достигать 800 км, причем формы облаков всегда располагаются последовательно: перистые облака, перисто-слоистые облака, высокосоистые облака и слоисто-дождевые облака.

Планетарные фронтальные зоны разделяют основные воздушные массы тропосферы и опоясывают все северное и южное полушария.

Между арктическим (антарктическим) воздухом и умеренным воздухом проходит *арктический (антарктический) фронт*, располагающийся в среднем около 65° с. ш. (65° ю. ш.).

В средних широтах между умеренными и тропическими воздушными массами проходят *умеренные фронты* северного и южного полушарий. Летом они смещаются к 50° , зимой — к 30° с. ш.

Между умеренным и тропическим воздухом находится *тропический фронт*.

В экваториальных широтах при соприкосновении экваториальных воздушных масс с тропическими образуется не фронт, поскольку эти воздушные массы одинаковы, а полоса конвергенции или сходимости.

Так как фронтальная зона умеренных широт разделяет две воздушные массы с разными физическими свойствами, в том числе и тепловыми, то она распадается на две части, из которых одна называется *теплым фронтом*, другая — *холодным фронтом*.

Теплым называется тот фронт, к которому подходит теплый воздух, а холодный соответственно смещается. Характер погоды здесь определяется восходящим скольжением теплого воздуха (рис. 28—29).

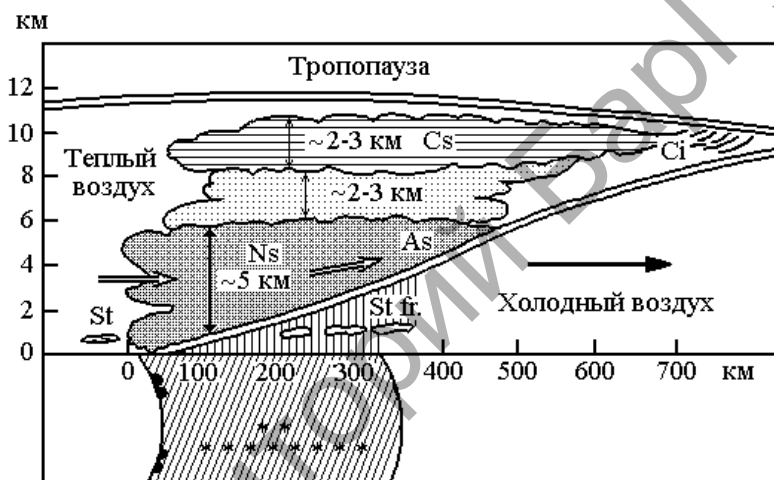


Рисунок 28 — Схема теплового фронта (вертикальный разрез)

Холодным называется тот фронт, на который по земной поверхности, не поднимаясь, поступает холодная воздушная масса, а теплая, отгесняемая вверх клином холодного воздуха, поднимается отдельными порывами. Борьбой холодного воздуха с теплым и определяется характер погоды этого фронта.

Фронт не просто разделяет воздушные массы, а представляет собой плоскость их борьбы: холодный воздух наступает на теплый и подрезает его снизу, теплый же вынужден подниматься — на теплом фронте равномерно, на холодном — шквалами.

Взаимодействие воздушных масс, различных по температуре, влажности, плотности и кинетической энергии воздушных течений, неизбежно вызывает изгибы фронта. Все разнообразные движения

упорядочиваются кинетической энергией вращения Земли и приобретают вид циклонов и антициклонов. В силу этого фронты фактически превращаются в совокупность фронтов циклонов.

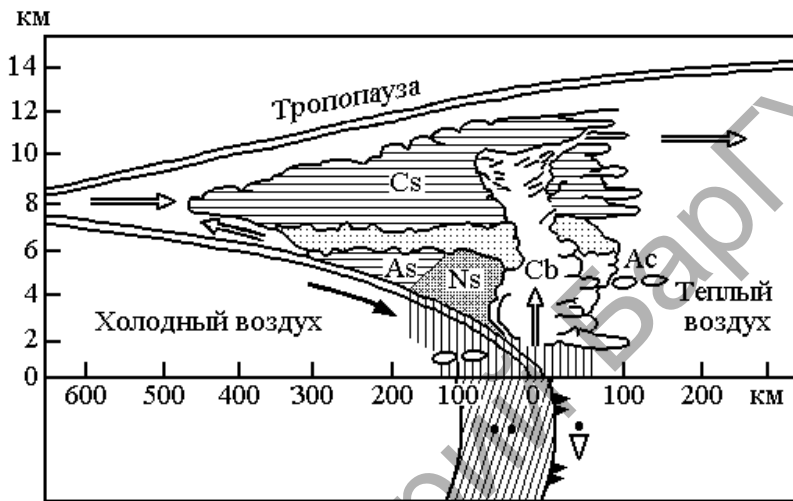


Рисунок 29 — Схема холодного фронта (вертикальный разрез)

Общая циркуляция атмосферы — совокупность основных движений воздуха планетарных размеров, посредством которых осуществляется обмен воздушных масс в горизонтальном и в вертикальном направлениях в тропосфере и нижней стратосфере до высоты примерно 20 км (граница географической оболочки).

Простейшее сопоставление горизонтальной протяженности атмосферы (расстояние от экватора до полюса — 10 002 км) и вертикальной ее мощности (20 км) показывает, что большее ее количество момента движения в общей циркуляции атмосферы приходится на горизонтальный перенос и меньше — на вертикальный. Даже в экваториальном поясе, где дуют постоянные пассаты, на вертикальную циркуляцию приходится только 14%, а 86% — на горизонтальную составляющую.

Однако роль вертикального переноса выражается не только количественными показателями. В выпадении осадков или в иссушении воздуха решающее значение имеют восходящие и нисходящие

токи. С восходящими движениями воздуха связано выделение скрытой теплоты парообразования, играющей решающую роль во всем режиме тропосферы.

Основной движущей силой циркуляции воздуха служит скрытая теплота испарения. Преимущественно именно она, а не турбулентный теплообмен вызывает восходящие токи воздуха в барических минимумах.

Самое большое количество солнечной энергии (тепла) усваивают тропические пояса океанов. Небо здесь безоблачное, напряжение солнечной радиации большое. Альbedo воды при высоком положении Солнца составляет всего около 2—8%. В этих условиях с поверхности океанов испаряется огромное количество воды.

Из тропиков около $\frac{3}{4}$ водяного пара переносится пассатами к экватору, а $\frac{1}{4}$ — в умеренные широты.

Теплые воздушные массы встречаются с холодными, идущими от Арктики и Антарктики. При их встрече образуются фронты, возникает циклоническая циркуляция воздуха.

Пассаты — ветры довольно устойчивого направления с ССЗ на ЮЮВ в Северном полушарии и с ЮЮЗ на ССВ в южном полушариях, дующие из тропических барических максимумов в экваториальный минимум.

Пассаты отчетливо выражены над океанами, над сушей прослеживаются не всегда достаточно отчетливо.

Взаимодействие холодного и теплого воздуха приводит к образованию огромных атмосферных вихрей — циклонов и антициклонов.

Циклон — мощный, диаметром до 3 000 м и более, атмосферный вихрь с пониженным давлением (минимум в центре), с движением его вокруг центра против хода (в Южном полушарии по ходу) часовой стрелки с ветреной, сырой, облачной и дождливой погодой.

Антициклон — область повышенного атмосферного давления (максимум в центре) диаметром в несколько тысяч километров с нисходящими воздушными токами, слабыми ветрами на периферии, с сухой ясной погодой, летом жаркой, а зимой холодной.

В высоту циклоны простираются до тропопаузы, а иногда и выше, до 20 км. Циклонические вихри довольно плоские — их высота в 100—150 раз меньше диаметра. Скорость восходящих движений в среднем составляет 1—3 м / мин, тогда как скорость ветров достигает величины 500—1 000 м / мин.

Скорость движения циклонов в среднем составляет 30—40 км / ч или 700—900 км / сут. Цикл развития циклона продолжается от 4 до 7 дней. За это время циклон проходит следующие стадии:

1) зарождение, когда циклоническим движением захватывается воздух только нижней тропосферы;

2) наибольшее углубление, когда благодаря выделению скрытой теплоты парообразования и адвекции холодных масс циклон захватывает всю тропосферу с вертикали и на значительной площади;

3) окклюзия, когда прекращается приток теплого воздуха и циклон затухает.

Циклоны — преобладающая в умеренных широтах синоптическая циркуляция. В Северной Атлантике, например, в течение года бывает до 1 000 циклонов. В целом же на Земле бывает до 15 000 циклонов и 7 000 антициклонов в год.

Тропические циклоны возникают во внетропической зоне конвергенции. Диаметр их составляет десятки километров, но в них чрезвычайно велики барометрические градиенты, поэтому ветры достигают 300 и даже 400 км / ч и производят катастрофические разрушения. В Восточной Азии они называются *тайфунами*, в Центральной Америке *хурраганес*. В службе погоды каждый такой разрушительный циклон получает женское собственное имя: например, «Нэнси», «Жанет» и т. д. Тропические циклоны зарождаются в местах резкого перепада температуры, вызванного выделением скрытой теплоты парообразования и затем ею же поддерживаются.

Муссонами называются достаточно устойчивые атмосферные течения в нижних слоях тропосферы над большими площадями земного шара, преобладающие направления которых меняются по сезонам года на противоположное или близкое к противоположному.

Муссоны весьма разнообразны. В географии различают следующие типы муссонов: а) тропические, или субэкваториальные; б) внетропические, или муссоны умеренных широт; в) муссонная тенденция, свойственная субполярным широтам.

Тропические муссоны свойственны пассатному поясу, но выражены в разных местах по-разному. Наиболее ярко и устойчива муссонная циркуляция в тропических и субэкваториальных широтах материкового азиатско-африканского сектора — над Индоста-

ном, Индокитаем, субэкваториальной Африкой и частично Северной Австралией. Слабо выражены муссоны в Америке и почти не проявляются над центральными акваториями Тихого и Атлантического океанов.

Атмосферная циркуляция реагирует не только на распределение суши и моря, но и на рельеф материков, особенно на горные сооружения. В одних случаях (в зависимости от высоты гор и мощности воздушной массы) ветры обтекают горные массивы с боков, в других — переваливаются через них. Обращенный в сторону ветра склон называется *наветренным*, а противоположный — *подветренным*. На подветренных склонах образуется область относительного затишья — ветровая тень, или, наоборот, происходит резкое возрастание скорости падающих по склону воздушных масс. Наиболее распространенными ветрами, возникающими при трансформации атмосферной циркуляции в горах, являются фены и бора.

Фен — теплый, иногда горячий, сухой ветер, дующий в горах со значительной силой. Обычно он продолжается меньше суток, реже до недели. Наиболее типичный фен возникает в случае, когда воздушное течение общей циркуляции атмосферы переваливает через горный хребет. При поднятии воздуха по наветренному склону он охлаждается меньше чем на 1°C на 100 м высоты, так как при этом выделяется скрытая теплота парообразования. При опускании по другому склону нагревание происходит уже на 1°C на 100 м падения.

Фен представляет собой не случайный и редкий местный ветер, а одну из черт горного климата.

Бора — штормовой и очень холодный ветер, дующий через низкие горные перевалы преимущественно в холодную часть года. На Байкале, в России, такой ветер называется *сармой*, в долине Роны, во Франции — *мистралью*. Дует бора от одних суток до недели.

Бора причиняет большие разрушения городам и портам. На море она проникает не далее 10 км.

Основные атмосферные процессы — нагревание и охлаждение воздуха, циркуляция атмосферы и влагооборот, а также оптические, звуковые и электрические явления в атмосфере образуют погоду.

Погодой называется состояние атмосферных процессов в данное время. Она характеризуется следующими метеорологическими элементами: солнечной радиацией (продолжительностью солнечного сияния), температурой воздуха и поверхностью почвы, влаж-

ностью, давлением, ветром, облачностью, осадками, снежным покровом, горизонтальной видимостью и другими атмосферными явлениями (инеем, изморозью, гололедицей; грозой, полярным сиянием, радугой, кругами и венцами около Солнца и Луны).

Если метеорологические элементы характеризовать только на срок наблюдений, то погоду можно определить как состояние атмосферы в данное время. Однако первое определение погоды как хода процессов лучше, ибо в атмосфере происходят непрерывные изменения, приводящие к смене одной погоды другой.

Многолетний режим погоды, называемый *климатом*, определяется климатическими показателями. Так как по характеру погоды один год отличается от другого, то надежными оказываются только те климатические показатели, которые выводятся за длительный (не менее 50) ряд лет.

Древнегреческий астроном Гиппарх (II в. до н. э.) условно разделил поверхность Земли параллелями на широтные зоны, отличающиеся по высоте полуденного стояния Солнца в самый длинный день года. Эти зоны были названы климатами (от греч. *κλίμα* — наклон, первоначально означавшего «наклон солнечных лучей»). Таким образом, было выделено пять климатических зон (одну жаркую, две умеренных и две холодных), которые и составили основу географической зональности земного шара.

Более 2 000 лет термин «климат» употреблялся именно в таком смысле. Но после 1450 г., когда португальские мореплаватели пересекли экватор и вернулись на родину, появились новые факты, потребовавшие пересмотра классических воззрений. В числе сведений о мире, приобретенных во время путешествий первооткрывателей, были и климатические характеристики выделенных зон, что позволило расширить сам термин «климат». Климатические зоны уже не были лишь математически рассчитанными по астрономическим данным районами земной поверхности (т. е. жарко и сухо там, где Солнце поднимается высоко, а холодно и сыро там, где оно стоит низко, а потому слабо греет). Было обнаружено, что климатические зоны не просто соответствуют широтным поясам, как это представлялось ранее, а имеют весьма неправильные очертания.

Солнечная радиация, общая циркуляция атмосферы, географическое распределение материков и океанов и крупнейшие формы

рельефа — главные факторы, влияющие на климат суши. Солнечная радиация является важнейшим фактором климатообразования, поэтому будет рассмотрена более подробно.

Из классификаций климатов, созданных классической климатологией, наибольшее значение имеют следующие три: В. П. Кеппена, Л. С. Берга и Б. П. Алисова.

В основу классификации В. П. Кеппена (1900, 1938) положены средние годовые температуры, годовое количество осадков и их распределение по сезонам года. Она согласуется с ботаническими областями и в целом с ландшафтным районированием материков. В. П. Кеппен выделил следующие климатические пояса и типы климатов:

1. *Влажный тропический климат* со средней температурой самого холодного месяца — не ниже 18°C :
 - жаркий и влажный климат экваториальных лесов;
 - климат саванн.
2. *Сухой климат* со средней температурой самого теплого месяца — выше 10°C :
 - климат пустынь;
 - климат степей.
3. *Умеренно теплые и влажные климаты* со средней температурой самого холодного месяца — ниже 18°C и выше минус 3°C :
 - теплый климат с сухим летом (средиземноморский);
 - теплый климат с сухой зимой (китайский);
 - теплый климат с равномерным распределением осадков в году (западно-европейский).
4. *Умеренно холодный климат* с температурой самого теплого месяца — выше 10°C , а самого холодного ниже минус 3°C :
 - климат с сухой зимой (восточно-сибирский);
 - климат достаточно увлажненный (восточно-европейский и канадский).
5. *Снеговой климат* с температурой самого теплого месяца ниже плюс 10°C , т. е. (по этой изотерме проходит граница с умеренным поясом):
 - климат тундр с температурой теплого месяца от 0°C до 10°C ;
 - климат вечного мороза, или ледяной с температурой самого теплого месяца ниже 0°C .

В основу своей классификации Л. С. Берг (1925 и 1938) положил принцип географической зональности. На низинах им выделены 12 зональных типов климатов:

- 1) климат вечного мороза;
- 2) климат тундры;
- 3) климат тайги;
- 4) климат лесов умеренного пояса;
- 5) муссонный климат умеренных широт;
- 6) климат степей;
- 7) климат внетропических пустынь;
- 8) средиземноморский климат;
- 9) климат субтропических лесов;
- 10) климат тропических пустынь;
- 11) климат саванн;
- 12) климат влажных тропических лесов (экваториальных лесов).

В горах выделены климаты нагорий и плато, горных стран и отдельных гор.

В основу генетической классификации климатов Б. П. Алисова положены географические типы воздушных масс и их циркуляция. Разделение Земли на климатические пояса связано с условиями формирования климатов, которые определяются циркуляцией воздушных масс.

В каждом полушарии выделяются основные климатические пояса:

- 1) экваториального воздуха;
- 2) тропического воздуха;
- 3) воздуха умеренных широт;
- 4) арктического (антарктического) воздуха.

В каждом поясе под влиянием суши и моря формируются континентальные и морские подтипы воздушных масс и климатов. Полная система Б. П. Алисова включает:

1. Жаркие климаты:

1) экваториальный — жаркий и равномерно влажный. Он свойствен внутренней Амазонии, бассейну Конго (Заира) и побережью Гвинейского залива, полуострову Малакка, Зондским островам и острову Новая Гвинея.

К числу основных климатообразующих процессов относится радиационный баланс (остаточное тепло). На материках он колеблется от 2 510 до 4 190 МДж / м² (60—100 ккал / см²) в год, на

океанах — от 4 190 до 5 010 МДж / м² (100—120 ккал / см²) в год. Это меньше, чем в тропических широтах. Почти отсутствуют сезонные колебания солнечной радиации. Гораздо больше, чем остаточная радиация, воздух нагревает скрытая теплота парообразования — до 4 190—5 850 МДж / м² (100—140 ккал / см²) в год. Этот источник тепла поддерживает равномерный ход температуры в течение года и суток.

Циркуляция атмосферы в экваториальном поясе состоит из двух звеньев: конвергенции пассатов и восходящих токов (вертикальной конвекции).

Взаимодействие воздушных масс тропических и экваториальной зон определяет характер влагооборота: пар поступает с двух тропических зон и конденсируется в восходящих токах в сравнительно узкой приэкваториальной полосе. Естественно, что здесь выпадает большое, в среднем около 2 000 мм, количество осадков. Влажность воздуха в экваториальном климате колеблется от 81 до 85%, а годовая сумма осадков составляет около 2 414 мм;

2) тропический — жаркий и сухой, пустынный. Вариации взаимодействия системы «океан — атмосфера — материк» обуславливают резко выраженную западно-восточную диссимметрию тропической природы зоны.

Выделяются следующие вариации тропического климата:

- типичные пустынные климаты, свойственные центральным материковым регионам;
- морская разновидность пустынного климата, свойственная западным берегам материков;
- влажные тропические лесные и саванновые климаты, присущие восточным побережьям материков.

Солнечная радиация в пределах тропического климата весьма значительна: на материках она составляет 7 530—8 380 МДж / м² в год, на океанах — 6 800 МДж / м² (160 ккал / см²) в год. Радиационный баланс на суше ниже, чем на океанах — 2 510 МДж / м² (60 ккал / см²) в год. Это объясняется тем, что 70% и более радиационного тепла расходуется на нагревание песков пустынь и затем из-за высокого альбедо песков и безоблачного неба непроизводительно излучается за пределы Земли. Основной аккумулятор тепловой энергии — вода — здесь отсутствует. Пустыни — это области охлаждения атмосферы и географической оболочки.

Характерна антициклональная атмосферная циркуляция. Опускающиеся воздушные массы адиабатически нагреваются и иссушаются. Высокое атмосферное давление и радиальное растекание воздуха препятствуют проникновению воздушных масс с океана в западный и центральный секторы. Система «океан — атмосфера — материк» работает не на пользу этих секторов материка. Типичные черты тропического климата — жара, большая амплитуда температуры и сухость. Большие области оконтурены изотермой июля 30°C , иногда средняя июльская температура поднимается до $36,3^{\circ}$ и даже 39°C . Зимой температура составляет $10\text{—}20^{\circ}\text{C}$, средняя годовая амплитуда — около 20°C . Гораздо выше суточная температура, она может достигать 40°C в воздухе и 80°C на поверхности песка. На равнинах температура иногда падает до минус 5°C , а в горах Тибести — до минус 18°C . Осадков не только мало, но и выпадают они далеко не каждый год, часто их не бывает по несколько лет подряд.

Климат западных окраин материков (морская разновидность пустынного климата) обусловлен холодными течениями, обратной стратификацией воздуха и пассатной циркуляцией, уносящей водяной пар от материка в океан.

В восточных регионах материков тропических поясов — на берегах Карибского моря, в восточном Индостане, в районе Рио-де-Жанейро, в Юго-Восточной Африке и Восточной Австралии — климат влажный тропический. Сюда поступают морские воздушные массы пассатов, и осадков выпадает значительное количество. В Рио-де-Жанейро годовая сумма осадков составляет примерно 1 099 мм, и дожди идут в каждом месяце;

3) субэкваториальный (субэкваториальных муссонов, или саванновый). Составлен из двух самостоятельных климатических режимов: экваториального в июльскую часть года в Северном полушарии и тропического в противоположных сезонах. Поэтому самая характерная его черта — резкое разделение на: сезон дождей и сухой сезон. Влажность воздуха в субэкваториальном климате составляет 70 и 87%, годовая сумма осадков 1 880 мм.

Продолжительность сухого периода в субэкваториальном поясе составляет от одного месяца на границе с экваториальным климатом до 11 месяцев на границе с тропическими пустынями.

2. Субтропические климаты, которые находятся между 25 и 40° с. ш. и ю. ш., в поясе субтропической переменной цирку-

ляции. Для них характерна смена климатического режима по сезонам: летом господствует тропический воздух с высоким атмосферным давлением, и стоит сухая погода, а зимой в эти широты распространяется умеренный воздух с низким давлением и средневропейской погодой.

Южная (в Северном полушарии) граница субтропических широт обозначается южным пределом зимнего распространения умеренных воздушных масс или январским положением умеренного фронта. Северная граница субтропиков проходит по северному пределу тульского положения тропического воздуха, или тропического максимума, или, наконец, по июльскому положению умеренного фронта. Субтропики, таким образом, нельзя считать полосой постепенного перехода от умеренных климатов к тропическим. Они являются широтами с характерной только для них сезонной сменой умеренного и тропического воздуха.

Суммарная солнечная радиация в субтропиках составляет 7 510—5 850 МДж / м² (180—140 ккал / см²) в год, т. е. близка к средней для всей Земли. Здесь нет избытка тепла, как в жарком поясе, но нет и отрицательного зимнего баланса, как в умеренном. Фактические температуры соответствуют солярным.

Циркуляция атмосферы зимой преимущественно циклопическая, часто проникают относительно холодные воздушные массы из умеренных широт.

Влагооборот характеризуется резко выраженной сезонностью: осадки выпадают зимой, лето сухое (кроме муссонных).

В субтропическом поясе Северного полушария начинается наибольшее долготное простирание материков; оно вызывает долготную дифференциацию климатического пояса. Формируются три региона: западный, центральный и восточный.

Западным регионам субтропической зоны свойствен средиземноморский климат — Атлас, Южная Европа, Передняя Азия, районы Сан-Франциско, Сантьяго, Кейптауна и Юго-Западной Австралии, Южный берег Крыма, Черноморское побережье в районе города Туапсе (Россия).

Для внутриматериковых областей (например, восточной Турции, Ирана, юга Средней Азии, Гоби, юга среднего Запада США, степей Аргентины) характерен климат сухих субтропиков. От средиземноморского он отличается нарастанием аридности и континентальности.

На восточных окраинах материков — в среднем Китае и на Юго-Востоке США — субтропики влажные. Близок к ним климат Ла-Платы. Во все месяцы выпадают дожди: зимой за счет циклонической циркуляции воздуха на умеренном фронте (в условиях муссона с суши), летом — из воздуха морского муссона.

3. Умеренные климаты.

Южная граница умеренного климатического пояса проходит по летнему пределу тропического максимума, приблизительно около 40° с. ш. и ю. ш. Северная граница совпадает с зимним положением Арктического фронта, примерно с южной границей тундры, около полярных кругов.

В умеренный пояс входят, Европа, кроме средиземноморских полуостровов, Азия к северу от линии Кара-Богаз-Гол — середина острова Хонсю и до тундровой зоны, Северная Америка от параллели устья Миссури до широты середины Гудзонова залива. В Южном полушарии в умеренном климате находятся только юг Южной Америки и Южный остров Новой Зеландии.

Радиационный баланс в умеренном поясе снижается до $1\ 257$ и 837 МДж / м^2 (30 и 20 ккал / см^2) в год. Очень существенна сезонная разница радиационного режима: летом баланс около 251 МДж / м^2 (6 ккал / см^2) в месяц, немногим меньше тропического, а зимой он отрицательный, около $41,9$ МДж / м^2 (1 ккал / см^2) в месяц. Зимой умеренный пояс не обходится своим радиационным теплом; большую роль играет адвекция тепла из тропических широт. Основная масса его поступает на океан и периферийные территории, центральные области выхолаживаются.

В циркуляции атмосферы главным является западный перенос воздушных масс, циклоническая и антициклоническая деятельность и вторжение в средние широты как арктического, так и тропического воздуха. Все три воздушные массы — умеренные, арктические и тропические — бывают и континентальными, и морскими.

С падением радиационного тепла в умеренном поясе уменьшаются испарение и общий объем влагооборота. На большей площади умеренного пояса выпадает 500 — 400 мм осадков, территориальное их распределение характеризуется последовательным уменьшением в глубь суши. Во внутренних районах, составляющих большую часть пояса, выпадает снег и образуется устойчивый, сохраняющийся до полугода снежный покров.

В северном умеренном поясе выделяются следующие климаты:

1) морской, или западно-европейский, или широколиственных лесов. Он характерен для Западной Европы, прибрежной полосы Северо-Западной Америки от Аляски до Сан-Франциско и для юга Чили;

2) материковый, или климат тайги. Формируется в Евразии от Швеции до Енисея, в Америке — в лесных континентальных штатах Канады и США;

3) за Енисеем, в Восточной Сибири образуется единственная на Земле провинция резко континентального умеренного климата. Адвекция тепла и влаги с океана здесь наименьшая в силу огромных размеров Евразии. Материк зимой выхолаживается, образуется отрицательная температурная аномалия до минус 22°C, и создается мощный термический антициклон. Стоит безоблачная ясная мало-снежная зима с морозами до минус 64°C. Огромная область оконтурена изотермами января в минус 30°C и даже в минус 40°C. Осадков меньше 200 мм; снежный покров тонкий, грунт глубоко промерзает, вечная мерзлота имеет мощность от 70 до 800 м;

4) аридный умеренный климат формируется внутри северных материков в Евразии к югу, а в Америке — к западу от лесной зоны. Климат здесь постепенно меняется в сторону засушливости, леса сменяются степями, полупустынями и пустынями;

5) муссонный климат умеренных широт, или дальневосточных лесов, типично выражен на восточной периферии Азии.

4. Холодные климаты.

Холодным, или субарктическим (субантарктическим), или тундровым, называется климат переменной циркуляции, при которой летом господствует умеренный воздух, а зимой — арктический. Холодный климат имеет две разновидности: материковый и морской.

Субарктический материковый тундровый климат присущ большим площадям полярных окраин Евразии и Северной Америки. Южная граница этого пояса проходит по 68° с. ш., т. е. по изотерме 10°C, а с климатом ледовой зоны — по изотерме 0°C самого теплого месяца. Ландшафтные границы субарктического пояса совпадают с пределами тундры. Остаточная солнечная радиация в тундровой зоне в годовом выводе положительная, от 209 до 419 МДж / м² (от 5 до 10 ккал / см²) в год. Большую часть года баланс отрицательный. Лето короткое и прохладное, безморозный

период меньше 90 дней, зима продолжительная и холодная: температура января от минус 6°C на Мурманском берегу до минус 40°C в устье Лены. Осадков немного: от 300 мм на западе до 100 мм в Восточной Сибири. Испарение еще меньше. Атмосферное увлажнение избыточное. Грунт охвачен вечной мерзлотой.

Океанический тундровый климат присущ островам: Командорским и Алеутским (в Северном полушарии), Кергелену, Южным Оркнейским, Южной Георгии и Фолклендским (в южном). Океанический тундровый климат на островах распространяется до 50° с. ш. и ю. ш. Это обусловлено холодными течениями. Климат ровный: зима теплая со средней температурой около минус 3°C, лето прохладное, ниже 10°C. Осадков много, до 400 мм; большая, до 80—90%, облачность во все месяцы; часты туманы, воздух сырой, много дней с дождем, почти всегда ветрено.

5. Климаты вечного мороза: Арктический и Антарктический. Основные климатические процессы в ледовых зонах существенно иные, чем в умеренных. Зимой солнечного освещения вообще нет, а летом оно круглосуточно. Снежная поверхность имеет высокое альбедо и действует на тропосферу охлаждающе.

Летом, в течение 1—2 месяцев, при незаходящем Солнце баланс положителен, 20,9—41,9 МДж / м² (0—1,0 ккал / см²) в месяц. Остальные 10—11 месяцев земля только излучает. Дефицит солнечного тепла составляет до 3 350 МДж / м² (80 ккал / см²) в год. При таком радиационном балансе основным источником атмосферного тепла служит циркуляция атмосферы и гидросферы. Она доставляет 3 350 МДж / м² (80 ккал / см²) в год. Воздух в климатах вечного мороза обычно теплее, чем подстилающая снежная поверхность. В Антарктиде, например, температура воздуха около снежной поверхности падает до минус 90 °С.

В Арктике тропосфера получает от воды непосредственно и через морской лед около 167 МДж / м² (4 ккал / см²) в год, Антарктида лишена этого тепла.

Летом средняя температура воздуха в Арктике около 0°C, а на побережьях достигает плюс 5 °С, в Антарктиде — около минус 30°C.

В январе в центральной Арктике температура достигает минус 40°C, на побережье материка — минус 30°C, а на приатлантических

островах поднимается до минус 16°C (Шпицберген). И только над Гренландией устойчивый антициклон понижает температуру июля до минус 14°C, а января — до минус 49°C.

Климат Антарктиды — самый холодный на всей Земле. В Восточной Антарктиде, на станции «Восток» температура января (лето) — минус 32°C, августа (зима) — минус 71°C. На побережье несколько мягче: в Мирном в январе — минус 2°C, в августе — минус 18°C.

Описанные зональные климаты свойственны равнинам, низменностям, возвышенностям и невысоким плато. В горах климатические условия изменяются с высотой, образуя вертикальную поясность.

Вопросы для самоконтроля

1. Дайте определение понятия «изотерма». Какое существует преобладающее направление изотерм?
2. Как распределяются температуры по поверхности Земли? Где на Земле самое жаркое место, самое холодное место?
3. Как нагревается атмосфера? Что играет большую роль в нагревании атмосферы: непосредственное поглощение солнечной радиации или тепло?
4. Чем климат отличается от погоды? Какие факторы влияют на климат местности?
5. Какие существуют единицы измерения атмосферного давления?
6. В чем измеряется абсолютная влажность?
7. В чем измеряется направление ветра?
8. Какие румбы используются для определения направления ветра?
9. За какими характеристиками облачности проводят наблюдения?